

## 水涝胁迫对烤烟理化特性及产质量的影响

李建平<sup>1</sup>, 陈振国<sup>1</sup>, 谭本奎<sup>2</sup>, 孙敬国<sup>1</sup>, 孙光伟<sup>1</sup>, 冯吉<sup>1\*</sup>

(1. 湖北省烟草科学研究院, 湖北武汉 430030; 2. 宜昌市烟草公司秭归营销部, 湖北宜昌 443600)

**摘要** 为了探索水涝胁迫对烤烟的影响, 研究了利川开展烤烟不同生育期不同水涝时间对烤烟某些理化特性及产质量影响。结果表明, 在烟草团棵期、旺长期、成熟期, 随着淹水时间的增加, 根系活力受损程度逐步加深, 导致烟叶的光合速率降低, 叶绿素合成逐步减少, SPAD 值降低。同时, 随着淹水时间的增加, 烤烟产量、产值、均价、上等烟比例和烟叶的感官质量均呈下降趋势, 但烟叶的化学成分受影响较小。因此, 南方烟区在烟叶的种植布局过程中, 要选择较高的地势, 完善排水设施, 避免涝灾损失。

**关键词** 烤烟; 淹水时间; 理化特性; 产质量

中图分类号 S572 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)23-0068-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Waterlogging Stress on Physicochemical Properties, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

LI Jian-ping<sup>1</sup>, CHEN Zhen-guo<sup>1</sup>, TAN Ben-kui<sup>2</sup> et al (1. Tobacco Research Institute of Hubei Province, Wuhan, Hubei 430030; 2. Zigui Marketing Department, Yichang Tobacco Company of Hubei Province, Yichang, Hubei 443600)

**Abstract** In order to research the effects of waterlogging stress on flue-cured tobacco, experiments of different waterlogging time at different growing stages of flue-cured tobacco on physicochemical properties, yield and quality were carried out in Lichuan. The results showed that during the rosette, vigorous growth and mature stage, the damage degree of root activity was gradually deepened with the increase of waterlogging time, leading to the decrease of photosynthetic rate, chlorophyll synthesis and SPAD value of tobacco leaves. Moreover, with the increase of waterlogging time, the flue-cured tobacco yield, production value, average price, the proportion of first-class tobacco leaves and sensory quality of tobacco leaf showed a downward trend, but the chemical compositions in tobacco leaf was less affected. Therefore, in southern tobacco areas, choosing the higher terrain and perfecting drainage facilities in planting zoning adjustment could avoid the loss of waterlogging.

**Key words** Flue-cured tobacco; Waterlogging time; Physicochemical properties; Yield and quality

我国南方烟区面积占据我国植烟面积 80% 左右, 但南方烟区雨水充沛, 烟草生产后期常常遭受涝害, 导致减产降质, 因而南方烟区涝害也成为制约我国优质烤烟生产的主要因素和重大非生物逆境之一<sup>[1-3]</sup>。有研究表明, 烟草受到水涝时其净光合速率、蒸腾速率、根系活力和烟叶钾含量等均随淹水时间的延长和淹水深度的增加呈极显著下降趋势, 这严重影响了烟草的生长发育和烟叶的产质量<sup>[4-6]</sup>。水涝胁迫后, 叶片薄、水分多, 调制时颜色难以固定, 调制后色泽暗、油分少、弹性差、吸味淡<sup>[7-9]</sup>。鉴于此, 笔者研究了水涝胁迫对烟草光合指标、生理生化指标及烟叶产质量的影响, 旨在为烟草抗涝研究提供理论依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验材料** 试验材料为云烟 87。

**1.2 试验设计** 试验在湖北省利川柏杨镇进行, 该地海拔 1 180 m。单行垄, 行距 1.2 m, 株距 55 cm, 植烟密度为 15 150 株/hm<sup>2</sup>。施纯 N 90 kg/hm<sup>2</sup>, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 1.0:1.5:3.0。其他栽培措施均按湖北省烤烟生产技术规范执行。具体试验设置如下:

**1.2.1 团棵(A)阶段的处理。** 试验共设 4 个处理, 包括 A1 处理(自然状态下正常生长的烟株)、A2 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 24 h)、A3 处理(让烟田处于淹水状态, 时间

为 48 h)、A4 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 72 h)。

**1.2.2 打顶(B)阶段的处理。** 团棵期的土壤供水处于自然状态, 在打顶期进行淹水处理。试验共设 4 个处理, 包括 B1 处理(自然状态下正常生长的烟株)、B2 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 24 h)、B3 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 48 h)、B4 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 72 h)。

**1.2.3 成熟期(C)阶段的处理。** 团棵期和打顶期的土壤供水处于自然状态, 在成熟期进行淹水处理。试验共设 4 个处理, 包括 C1 处理(自然状态下正常生长的烟株)、C2 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 24 h)、C3 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 48 h)、C4 处理(让烟田处于淹水状态, 时间为 72 h)。

## 1.3 测定项目及检测方法

**1.3.1 光合指标测定。** 田间淹水处理结束后 15 d 时采用美国产 LI-6200 型便携式光合作用测量仪测定不同处理的烟叶气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率和光合速率等指标。

**1.3.2 生理指标测定。** 每个淹水处理结束后 15 d 时采样测定根系活力、SPAD 值、超氧化物歧化酶 SOD 活性、过氧化物酶 POD 活性等指标。采用 TTC 比色法测定根系活力, 以单位时间内每克根系(鲜重)所能生成的 TTC 的质量(μg)表示。采用硫代巴比妥酸(TBA)显色法测定丙二醛(MDA)含量; 采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)的活性; 采用碘量法测定过氧化氢酶(CAT)活性。

**1.3.3 农艺性状测定。** 成熟期淹水处理后 7 d 测定全部试验处理及对照的农艺性状, 包括株高、茎围、叶片数、最大叶长和宽等。

**基金项目** 中国烟草总公司湖北省公司重点项目“烟区气象监测数据在烟叶生产中的应用”(027Y2017-026)。

**作者简介** 李建平(1966—), 男, 湖北建始人, 高级农艺师, 从事烟草栽培调制技术研究和生产技术推广工作。\* 通信作者, 高级农艺师, 博士, 从事烟草栽培信息技术、生物信息学和分子生物学研究。

**收稿日期** 2020-06-30

1.3.4 经济性状测定。测定产量、产值、均价、上中等烟率。

1.3.5 化学成分及评吸质量。各个处理取烤后上、中部烟叶各 1 kg, 进行化学成分分析及感官评吸。

## 2 结果与分析

2.1 不同处理对烟叶光合指标的影响 从表 1 可以看出, 与对照相比, 3 个生育阶段随着淹水时间的增加, 光合速率均有降低趋势, 这说明在淹水条件下, 土壤中水分过多会导致空气减少, 抑制有氧呼吸, 影响水分吸收, 也会导致细胞缺水

失去膨压, 因为细胞膨压降低会使细胞伸长生长受阻, 因而叶片较小, 光合面积减小, 导致光合速率降低; 由于光合作用减弱, 细胞缺水导致气孔开张度减小,  $\text{CO}_2$  进入叶片受到阻碍, 因此淹水 1 d 后气孔导度呈降低趋势, 但在淹水 3 d 后又呈上升趋势, 这可能是由于烟株抗水分胁迫的能力加强, 气孔开张度恢复加大, 因此导致胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率先降后升, 表现出与气孔导度变化一致的趋势。

表 1 不同处理对烟叶光合指标的影响

Table 1 Effects of different treatments on the photosynthetic indexes of tobacco leaves

时期 Stage	处理 Treatment	光合速率 Photosynthetic rate// $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	气孔导度 Stomatal conductance $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 Intercellular $\text{CO}_2$ concentration// $\mu\text{mol}/\text{mol}$	蒸腾速率 Transpiration rate// $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
团棵期 Rosette stage	A1(CK)	17.48	0.06	154.33	2.01
	A2(淹水 1 d)	15.82	0.06	78.29	2.03
	A3(淹水 2 d)	16.12	0.05	153.30	1.78
	A4(淹水 3 d)	15.08	0.06	76.77	1.99
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	17.24	0.06	138.69	2.06
	B2(淹水 1 d)	15.58	0.06	130.27	1.90
	B3(淹水 2 d)	14.90	0.05	150.66	1.69
	B4(淹水 3 d)	15.03	0.06	55.24	2.08
成熟期 Mature stage	C1(CK)	16.61	0.06	127.05	2.03
	C2(淹水 1 d)	15.66	0.06	112.94	1.94
	C3(淹水 2 d)	15.59	0.05	201.54	1.62
	C4(淹水 3 d)	14.81	0.05	101.90	1.89

2.2 不同处理对烟叶生理指标的影响 从表 2 可以看出, 与对照相比, 随着淹水时间的增加, 各个处理的超氧化物歧化酶(SOD)活性均呈梯度降低趋势, 根系活力逐步降低,

SPAD 值呈梯度降低趋势, 原因可能是随着淹水时间的增加, 根系活力受损程度逐步加深, 导致烟叶的光合速率降低, 叶绿素合成逐步减少, SPAD 值降低。

表 2 不同处理对烟叶生理指标的影响

Table 2 Effects of different treatments on the physiological index of tobacco leaves

时期 Stage	处理 Treatment	SOD U/g	POD U/mg	根系活力 Root activity $\mu\text{g}/(\text{mg} \cdot \text{h})$	SPAD 值 SPAD value
团棵期 Rosette stage	A1(CK)	18.13	1.87	47.42	38.5
	A2(淹水 1 d)	12.90	1.48	44.95	37.3
	A3(淹水 2 d)	10.52	1.17	43.08	33.4
	A4(淹水 3 d)	6.33	0.93	31.72	33.1
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	29.89	1.86	42.70	39.1
	B2(淹水 1 d)	14.20	1.66	42.04	36.9
	B3(淹水 2 d)	12.53	1.27	39.18	34.1
	B4(淹水 3 d)	3.59	0.95	29.36	32.5
成熟期 Mature stage	C1(CK)	25.41	1.90	46.58	40.3
	C2(淹水 1 d)	15.13	1.45	45.12	38.4
	C3(淹水 2 d)	12.35	1.33	40.11	35.6
	C4(淹水 3 d)	5.22	0.89	28.34	31.2

2.3 不同处理对农艺性状的影响 从表 3 可以看出, 在 3 个生育阶段, 烟株在水淹后, 均会受到不同程度的影响。与对照相比, 随着水淹时间的增加, 烟株的高度呈降低趋势, 叶片的长度和宽度呈减小趋势。田间直接观察的结果基本与此相符, 水淹后植株比对照矮小, 叶片部分表现出有脱肥现象, 这可能是由于水淹导致肥料流失。

2.4 不同处理对烟叶经济性状的影响 从表 4 可以看出, 团棵期、旺长期、成熟期水淹后烟叶产量均有不同程度降低, 各个处理的烟叶产量、产值、上等烟比例均比对照低, 随着淹水时间的增加, 各处理仍然呈梯度下降趋势, 各个处理的均价规律性不强。

表3 不同处理对烤烟农艺性状的影响

Table 3 Effects of different treatments on the agronomic characters of flue-cured tobaccos

时期 Stage	处理 Treatment	株高 Plant height cm	叶数 Leaf number 片	茎围 Stem girth cm	最大叶 The maximum leaf	
					长 Length cm	宽 Width cm
团棵期 Rosette stage	A1(CK)	118.6	17.4	11.3	64.6	27.7
	A2(淹水 1 d)	117.9	16.2	11.2	64.4	26.1
	A3(淹水 2 d)	115.0	15.8	10.9	63.0	25.4
	A4(淹水 3 d)	102.0	15.8	10.5	62.9	24.4
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	113.0	18.4	11.3	70.8	30.5
	B2(淹水 1 d)	108.5	16.4	10.9	64.2	27.0
	B3(淹水 2 d)	110.3	16.2	10.6	62.5	22.3
	B4(淹水 3 d)	108.8	15.2	10.5	61.3	21.6
成熟期 Mature stage	C1(CK)	121.4	17.8	10.9	71.2	32.4
	C2(淹水 1 d)	117.9	16.2	10.8	64.4	26.1
	C3(淹水 2 d)	115.0	15.8	10.8	63.0	25.4
	C4(淹水 3 d)	108.2	14.8	10.5	63.9	21.9

表4 不同处理对烤烟经济性状的影响

Table 4 Effects of different treatments on the economic characters of flue-cured tobaccos

时期 Stage	处理 Treatment	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	产值 Output value 元/kg	上等烟比例 Proportion of first-class tobacco//%	中等烟比例 Proportion of middle-class tobacco//%	均价 Average price 元/kg
团棵期 Rosette stage	A1(CK)	1 323.60	2 224.66	58.46	41.54	25.21
	A2(淹水 1 d)	1 150.65	1 919.96	34.17	65.83	25.03
	A3(淹水 2 d)	952.35	1 554.20	31.29	68.71	24.48
	A4(淹水 3 d)	894.90	1 593.22	23.99	76.01	26.70
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	1 013.10	1 689.44	63.04	36.96	25.01
	B2(淹水 1 d)	961.65	1 623.90	39.72	60.28	25.33
	B3(淹水 2 d)	1 002.45	1 661.99	23.26	76.74	24.87
	B4(淹水 3 d)	900.45	1 459.33	16.50	83.50	24.31
成熟期 Mature stage	C1(CK)	1 290.75	2 442.96	63.86	36.14	28.39
	C2(淹水 1 d)	1 222.35	2 130.18	45.86	54.14	26.11
	C3(淹水 2 d)	1 067.70	1 857.20	34.37	65.63	26.06
	C4(淹水 3 d)	1 043.70	1 763.68	27.92	72.08	25.35

2.5 不同处理对烟叶化学成分的影响 从表5可以看出,烟株在不同生长阶段遭受淹水灾害后,与正常生长的烟株相

比,团棵期和成熟期水淹后烟叶质量各个数据差异不大,在旺长期淹水后烟叶的糖含量有所下降,其他成分差异不大。

表5 不同处理对中部烟叶样品化学成分的影响

Table 5 Effects of different treatments on the chemical components of flue-cured tobaccos

时期 Stage	处理 Treatment	烟碱 Nicotine	还原糖 Reducing sugar	总糖 Total sugar	总氮 Total N	钾 K	氯 Cl
团棵期 Rosette stage	A1(CK)	1.98	31.89	35.54	1.70	1.52	0.17
	A4(淹水 3 d)	1.72	30.84	35.10	1.67	1.72	0.17
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	2.36	31.36	36.33	1.82	1.48	0.19
	B4(淹水 3 d)	2.71	23.70	27.63	2.06	1.40	0.22
成熟期 Mature stage	C1(CK)	2.45	29.92	34.87	2.12	1.60	0.30
	C4(淹水 3 d)	2.70	29.52	33.05	2.02	1.56	0.35

2.6 不同处理对烟叶呼吸结果的影响 从表6可以看出,烟株在田间遭受水淹灾害后,烟叶品质下降,香气质和香气量降低,杂气和刺激性增加,余味变差,呼吸总分降低,浓度和劲头相当。

### 3 结论与讨论

水分在烤烟的生长发育过程中起到至关重要的作用,但

烤烟对过多的水分也非常敏感。因此缺乏有效的耐淹防御机制,不利于优质烟草生产。淹水条件下水分阻碍了烤烟根系与大气环境间的气体交换,造成烟株根系组织缺氧,烤烟根系生长受阻且根系活力下降,导致根系对水分和矿质元素的吸收和运输能力下降,生理机能紊乱,从而导致烟草产量和品质的降低<sup>[10-12]</sup>。

表 6 不同处理对烟叶样品评吸结果的影响

Table 6 Effects of different treatments on evaluation results of tobacco leaf samples

时期 Stage	处理 Treatment	香气质 Aroma quality (18)	香气量 Volume of aroma 16	杂气 Offensive odor (16)	刺激性 Irrita- tion (20)	余味 After- taste(22)	燃烧性 Flamm- ability (4)	灰色 Grey(4)	总分 Total score (100)	浓度 Concent- ration (5)	劲头 Strength (5)
团棵期	A1(CK)	13.5	13.0	13.0	16.5	17.0	4.0	4.0	81.0	3.0	3.0
Rosette stage	A4(淹水 3 d)	14.0	13.5	13.5	17.0	17.5	4.0	4.0	83.5	3.0	3.0
旺长期 Vigorous growth stage	B1(CK)	13.5	13.0	13.5	16.5	17.0	4.0	4.0	81.5	3.0	3.0
	B4(淹水 3 d)	14.0	13.5	13.5	17.0	17.0	4.0	4.0	83.0	3.0	3.0
成熟期	C1(CK)	13.5	13.0	13.0	16.5	16.5	4.0	4.0	80.5	3.0	3.0
Mature stage	C4(淹水 3 d)	14.5	13.5	13.5	17.0	17.5	4.0	4.0	84.0	3.0	3.0

该研究对烟株田间淹水的试验结果表明,团棵期、旺长期、成熟期随着淹水时间的增加,烟叶的光合指标和生理指标均发生变化。在不同阶段进行淹水处理后,各个处理的光合速率均呈降低趋势,气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率呈先降后升的趋势;随着淹水时间的增加,各个处理的超氧化物歧化酶(SOD)活性都呈梯度降低的趋势,根系活力逐步降低,SPAD 值呈梯度降低趋势,这是由于淹水时间增加,根系活力受损程度逐步加深,导致烟叶的光合速率降低,叶绿素合成逐步减少,SPAD 值降低。随着淹水时间的增加,烟株的高度呈降低趋势,叶片的长度和宽度呈减小趋势;水淹后烟叶产量均受到不同程度的损失,其经济性状指标均比对照差,随着淹水时间的增加,其产量、产值、均价、上等烟比例均呈梯度下降趋势;烟叶的化学成分受影响较小,烟叶的感官质量下降,评吸总分降低。

中国南方的烟草生长季节降雨量大,南方烟区多地烟叶生产均受到不同程度淹水胁迫的影响,这往往会给烟叶生产带来毁灭性的损失。因此,南方烟区在烟叶的种植布局过程中要注意选择较高的烟田地势,田间不易渍水,有排水设施,

遇大水时能及时排出,从而避免涝灾损失<sup>[3]</sup>。

### 参考文献

- [1] 黄文清,李明贤,周冀衡. 中国烤烟种植区域布局变迁及其影响因素[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(1):35-41.
- [2] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
- [3] 罗昭标,张福群,张正杨,等. 渍涝胁迫对烤烟的影响研究进展[J]. 现代农业科技,2019(10):16-17,23.
- [4] 蔺万煌,李艳红,萧浪涛,等. 淹水对烟草生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2001,27(5):339-342.
- [5] 曾淑华,刘飞虎. 水涝或低温交叉处理对烟草生长的影响[J]. 贵州农业科学,2009,37(1):34-36.
- [6] 刘庆宇,赵越,熊江波,等. 涝害对烤烟光合特性的影响[J]. 江西农业大学学报,2014,36(1):50-55.
- [7] 李晓斐. 涝害对烤烟产量和品质及生理特性的影响研究[D]. 南昌:江西农业大学,2011.
- [8] 熊江波,李晓斐,周紫燕,等. 涝害对烤烟产量和化学成分的影响研究[J]. 江西农业大学学报,2015,37(5):788-792.
- [9] 李艳红,蔺万煌,彭克勤,等. 水涝胁迫对烤烟化学品质的影响[J]. 中国烟草科学,2000,21(4):35-37.
- [10] 刘永贤,曾祥难,周晓,等. 水涝胁迫对烟草生理生化特征影响的研究进展[J]. 广西农学报,2007,22(1):32-33,38.
- [11] 刘铭. 淹水对烟草理化特性的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(24):13008-13009.
- [12] 李进平,陈振国,杨艳华,等. 水分条件对烤烟生理指标的影响及适宜土壤水分指标研究[J]. 灌溉排水学报,2007,26(1):93-96.
- [13] 统出口型大花生新品种花育 9610[J]. 种子,2016,35(3):100-101.
- [7] 国家花生数据中心. 中国花生品种及其系谱数据库[DB/OL]. [2020-03-25]. <http://www.Peanutdata.cn/variety/>.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定:GB 5009.168—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [9] 赵志浩,石爱民,王强. 高油酸花生的研究进展与发展趋势[J]. 粮食与油脂,2019,32(9):1-4.
- [10] 刘芳,王积军,汤松. 我国高油酸花生品种选育与推广应用[J]. 中国农业推广,2017,33(1):14-15.
- [11] 宋朝阳. 豫东夏播高油酸花生规范化栽培技术[J]. 现代农业科技,2018(4):29,35.
- [12] 张明威,于国庆,于树涛,等. 辽宁高油酸花生种植技术[J]. 农业工程技术,2018,38(8):53.
- [13] 张明红. 山东高油酸花生高产高效栽培技术[J]. 农业科技通讯,2019(7):329-330,333.
- [14] 姜军,左梅芳,徐林,等. 高油酸花生的应用价值及栽培技术[J]. 现代农业科技,2019(9):15-16.

(上接第 67 页)

值得注意的是,日花 OL1 号植株生长旺盛,生长过程中要注意适当控制旺长;由于荚果较大,果壳较厚,生产中要施足基肥,增施钙肥及多元微肥,做好良种良法配套,充分发挥其高产潜力,提高高油酸花生的生产水平,推动我国高油酸花生产业快速发展。

### 参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2019[M]. 北京:中国统计出版社,2019.
- [2] 中华人民共和国农业农村部. 高油酸花生:NY/T 3250—2018[S]. 北京:中国农业出版社,2018.
- [3] 王传堂,朱立贵. 高油酸花生[M]. 上海:上海科学技术出版社,2017.
- [4] 王传堂,张建成,唐月异,等. 中国高油酸花生育种现状与展望[J]. 山东农业科学,2018,50(6):171-176.
- [5] 禹山林. 中国花生品种及其系谱[M]. 上海:上海科学技术出版社,2008.
- [6] 王传堂,唐月异,王秀贞,等. 远缘杂交与化学诱变相结合选育高产传