

基于称重法的 7 个烟草品种旺长期抗旱性评价

汪志威^{1,2}, 胡秋舫¹, 祖达², 刘仁祥^{3*}

(1. 六盘水市农业科学研究院, 贵州六盘水 553000; 2. 六盘水市农业农村局, 贵州六盘水 553000; 3. 贵州大学, 贵州贵阳 550025)

摘要 为形成一种烟草旺长期的快速准确的抗旱鉴定方法, 对 7 个烟草品种进行抗旱性鉴定。以生产常用的 7 个烟草品种为试验材料, 采用盆栽方法, 在旺长期用称重法进行连续干旱(土壤相对含水量为 30%~35%)处理 21 d, 比较叶片 MDA 和脯氨酸含量、SOD 和 CAT 活性变化, 并以其为联合筛选指标, 以隶属函数法对 7 份材料进行抗旱性评价。结果表明, 与对照相比, 连续干旱 14 d 后干旱敏感品种 TN90 和红花大金元 MDA 含量分别显著或极显著升高 45.5%、27.1%, 脯氨酸含量分别极显著增长 58.68%、35.6%, SOD、CAT 活性显著或极显著降低; 高抗品种 K326 和南江三号的 MDA 含量分别降低 12.32%、23.91%, 脯氨酸含量分别极显著升高 115.18%、92.74%, SOD 和 CAT 活性显著或极显著增强。连续干旱处理 21 d 后, 干旱敏感品种 TN90 和红花大金元 MDA 含量分别较对照显著或极显著升高 28.94%、25.81%, TN90 的脯氨酸含量极显著增长 34.45%, SOD、CAT 活性显著降低; 高抗品种 K326 和南江三号的脯氨酸含量分别极显著增加 85.51%、96.21%, SOD 和 CAT 活性均显著增强。因此, MDA 和脯氨酸含量、SOD 和 CAT 活性可以作为烟草旺长期的抗旱性联合鉴定指标, 以称重法控制土壤含水量, 采用隶属函数法对材料进行抗旱性评价是一种较快速的烟草抗旱鉴定方法, 通过该方法筛选出 2 个干旱敏感品种 TN90 和红花大金元和筛选出 2 个高抗品种 K326 和南江三号。

关键词 烟草; 抗旱评价; MDA; 脯氨酸; SOD; CAT

中图分类号 S572 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)14-0025-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.14.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evaluation of Drought Resistance of Tobacco Varieties at Vigorous Stage Based on Weighing Method

WANG Zhi-wei^{1,2}, HU Qiu-ling¹, ZU Da² et al (1. Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Liupanshui, Guizhou 553000; 2. Liupanshui Bureau of Agriculture and Rural Areas, Liupanshui, Guizhou 553000)

Abstract To form a rapid and suitable drought-tolerant screening method at vigorous stage of tobacco, 7 varieties commonly used for production were selected as materials, pot experiment method was adopted with continuous drought treatment (soil relative water content was 30%–35%) for 21 d at vigorous stage by weighing method. The leaf MDA and proline contents and SOD and CAT activities change were tested, which were chosen to be the joint selection index for screening the varieties. Compared with the control after 14 d drought treatment, the MDA content of drought-sensitive cultivars TN90 and Honghuadajinyuan were significantly and extremely significantly increased by 45.5% and 27.1%, respectively. Proline content was significantly increased by 58.68% and 35.6% compared with the control. MDA contents of drought-sensitive cultivars TN90 and Honghuadajinyuan were significantly increased by 45.5% and 27.1%, respectively, SOD and CAT activities were significantly or extremely significantly decreased. The MDA contents of K326 and Nanjiang 3 were significantly decreased by 12.32% and 23.91%, the MDA contents of drought-sensitive cultivars TN90 and Honghuadajinyuan were significantly increased by 45.5% and 27.1% respectively, proline content was significantly increased by 115.18% and 92.74% respectively, compared with the control after 14 d drought treatment. After 21 d continuous drought treatment, the MDA content of drought-sensitive cultivars TN90 and Honghuadajinyuan were significantly increased by 28.94% and 25.81% respectively, proline content of TN90 was significantly increased by 34.45%, SOD and CAT activities were significantly decreased. The proline content of K326 and Nanjiang 3 were significantly increased by 85.51% and 96.21% respectively, and SOD and CAT activities were significantly increased. As a result, MDA and proline contents, SOD and CAT activities could be used as a tobacco prosperous joint appraisal indexes of drought resistance of tobacco in vigorous stage, by weighing method to control soil moisture content, using subordinate function method to evaluate drought resistance material was a relatively rapid tobacco drought resistance identification method. This research screened out two drought sensitive cultivars TN90 and Honghuadajinyuan and two high-resistance cultivars K326 and Nanjiang 3.

Key words Tobacco; Drought resistance evaluation; MDA; Pro; SOD; CAT

近年来,受全球气候变化的影响,西南地区极端干旱天气频发^[1-2],严重影响作物安全生产。烟草是我国重要的经济作物之一,水分对其生命活动具有重要作用^[3-4],在生长季节如果田间土壤含水量长期低于 50%,其产量和品质将会遭受重大影响^[5-10]。贵州作为我国优质烟叶烟草生产地区,受伏旱威胁严重^[11]。因此,对烟草品种展开抗旱性鉴定,就必须有一套较好的抗旱性鉴定方法,对指导烟草安全生产具有十分重要的意义。目前对作物的抗旱性鉴定方法研究多集中在水稻和玉米上^[13-14],在烟草上尚没有一种成型的方法,

且抗旱性鉴定参考指标尚不明确,不同人对抗旱鉴定指标选择不尽相同。蒋明义等^[15]以 MDA 作为抗旱鉴定指标研究表明,抗旱水稻品种比不抗旱品种 MDA 含量增长速度慢,且增幅较小;张海明等^[16-17]研究玉米和甘蔗的抗旱性也发现,抗性品种受干旱胁迫后 MDA 含量增长速度慢;Singh^[17]研究了大麦的抗旱性,结果表明 Pro 可作为大麦抗旱鉴定的指标,抗性品种在受干旱胁迫后 Pro 增长加快;汪耀富等^[18]研究发现,干旱后烟叶中 SOD 活性先上升后下降;周冀衡等^[19]认为,干旱胁迫下烟草叶片 SOD、CAT 活性均增强;覃鹏等^[7]研究表明,干旱胁迫下烟草多数保护酶活性均增强,抗旱品种上升幅度更大。烟草旺长期是烟草产量和品质形成的关键时期,也是伏旱容易出现的时期,明确不同烟草品种在旺长期抗旱能力对指导烟草安全生产具有重要意义。鉴于此,笔者采用盆栽试验,在烟草旺长期通过称重法控制盆栽土壤相对含水量在 30%~35%,连续处理 21 d,测定叶片 MDA、

基金项目 贵州省高层次创新型人才培养计划项目(黔科合平台人才[2016]5663);贵州省烟草公司科技项目(201602,201904,2020XM07)。

作者简介 汪志威(1987—),男,湖北黄冈人,农艺师,硕士,从事作物遗传育种研究。*通信作者,教授,硕士,从事烟草遗传育种研究。

收稿日期 2022-02-16;修回日期 2022-03-23

Pro、SOD 和 CAT 含量的变化,并以此为联合指标采用隶属函数法,对供试品种进行抗旱性评价,为烟草生产品种选择提供指导,并为形成一套较为快速且准确的烟草抗旱鉴定方法提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 供试土壤(生土)为 0~20 cm 表层黄壤土,土壤 pH 5.53,有机质 25.36 g/kg,全氮 1.52 g/kg,有效磷 17.35 mg/kg,速效钾 190.26 mg/kg,经自然风干过 0.5 cm 筛。移栽盆规格高 45 cm,口径 37 cm。

1.2 试验材料 试验材料为生产常用的 NC82、K326、TN90、韭菜坪 2 号、毕纳 1 号、南江三号和红花大金元 7 个品种,均由贵州省烟草品质研究重点实验室提供。

1.3 试验方法

1.3.1 材料培养。试验在贵州大学烟草试验基地试验大棚里进行。供试品种采用漂浮育苗,待烟苗 6 叶 1 心时,选择生长整齐一致的植株移栽到盆中。每盆装过筛土 12.5 kg,后期培土 2.5 kg,同时施烟草专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O=1:1:2)100 g。以正常生长的为对照,各处理 3 次重复,每重复 3 盆,每品种处理和对照各设置 2 盆为预备材料,其他管理按常规高产栽培进行。

1.3.2 干旱处理。待供试品种植株生长到旺长期时,采用称重法控制盆土相对含水量为 30%~35%,连续处理 21 d。于干旱处理后第 7、14 和 21 天 08:00—09:00 选取从上往下第 5 片叶,用冰盒带回实验室保存于超低温冰箱。

加水量=盆钵整体理论重量-盆钵整体实际重量

盆钵整体理论重量=盆重+估计苗重+总干土重×(1+田间持水量×目标值的最大值)

总干土重=盆钵装土重/(自然含水量+1)

1.4 测定项目与方法 采用 TBA 法测定丙二醛(MDA)含

量;采用茚三酮法测定脯氨酸(Pro)含量;采用氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;采用紫外吸收法测定 CAT 活性。

1.5 旱害指数和隶属函数的计算

1.5.1 旱害指数。参照研究人员提出的冷害指数得出旱害指数^[20],旱害指数是指干旱处理结果(TR)与非干旱处理结果(CK)之差占非干旱处理结果的百分比,即旱害指数=(TR-CK)/CK×100%。

1.5.2 隶属函数计算公式。分别对所测定的耐旱指标用下式求出每个材料各指标的具体隶属度: $X_p=(X-X_{min})/(X_{max}-X_{min})$ 。其中,X 表示各材料某一指标测定值,X_{max}为该测定指标的最大值,X_{min}为该指标中的最小值,求出各指标的平均隶属函数值 $\bar{X}$ 平均数越大,耐旱性越强。耐旱程度划分标准参照划分标准并修改: $\bar{X} \geq 0.8$ 为高抗; $0.6 \leq \bar{X} < 0.8$ 为抗中抗, $0.4 \leq \bar{X} < 0.6$ 为不抗, $\bar{X} < 0.4$ 为敏感。

2 结果与分析

2.1 不同品种干旱处理不同天数后烟草品种 MDA 含量比较 从表 1 可以看出,干旱处理后,总体上随着干旱时间的延长,供试品种的 MDA 含量先升高后降低。干旱 7 d 后,韭菜坪 2 号的 MDA 含量最低,为 6.52 μmol/g,红花大金元的 MDA 含量最高,为 11.07 μmol/g。与对照相比,韭菜坪 2 号的 MDA 含量降低,但不显著,其他材料除 TN90 和南江三号外均显著或极显著升高。干旱处理 14 d 后,K326 的 MDA 含量最低,为 22.07 μmol/g,最高的是 TN90,为 37.38 μmol/g,与对照相比,南江三号和 K326 的 MDA 含量降低,其他烟草品种 MDA 含量均显著或极显著升高。干旱处理 21 d 后,各烟草品种中 MDA 含量最低的是 K326,为 13.38 μmol/g,与各自对照相比,K326 的 MDA 含量降低,但不显著;NC82、TN90、韭菜坪 2 号、红花大金元的 MDA 含量极显著升高。

表 1 不同品种干旱处理不同天数后烟草品种 MDA 含量比较
Table 1 Comparison of tobacco MDA contents after different days of drought treatment

品种名称 Variety name	处理 编号 Treat- ment code	连续干旱 7 d			连续干旱 14 d			连续干旱 21 d		
		7 d after continuous drought			14 d after continuous drought			21 d after continuous drought		
		MDA 含量 MDA content μmol/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%	MDA 含量 MDA content μmol/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%	MDA 含量 MDA content μmol/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%
NC82	CK	7.24±3.08	9.27	14.78	23.24±5.77	6.89	60.41	16.71±5.26	7.97	15.68
	TR	8.31±6.14 [*]	4.83	—	37.28±12.12 ^{**}	14.87	—	19.33±9.16 ^{**}	13.33	—
K326	CK	7.52±5.02	4.85	-0.66	25.17±9.43	11.46	-12.32	14.43±11.12	15.81	-3.81
	TR	7.47±4.36	8.14	—	22.07±3.06 [*]	5.46	—	13.88±9.62	5.84	—
TN90	CK	8.68±3.14	11.45	2.76	25.69±10.32	13.74	45.50	15.03±4.25	6.17	28.94
	TR	8.92±6.41	6.47	—	37.38±6.46 ^{**}	8.28	—	19.38±7.84 ^{**}	10.02	—
韭菜坪 2 号 Jiucaiping 2	CK	7.91±2.27	3.32	17.57	25.13±4.78	6.08	18.15	16.69±12.38	9.35	24.27
	TR	6.52±8.03 ^{**}	9.46	—	29.69±10.13 ^{**}	14.13	—	20.74±8.78 ^{**}	14.44	—
毕纳 1 号 Bina 1	CK	6.68±1.32	4.66	55.39	23.02±9.99	13.81	28.24	15.85±3.12	6.02	3.34
	TR	10.38±3.82 ^{**}	4.36	—	29.52±7.82 ^{**}	8.85	—	16.38±6.47	8.34	—
南江三号 Nanjiang 3	CK	8.47±2.13	1.03	1.65	27.35±7.58	9.46	-4.72	18.69±12.33	18.20	3.69
	TR	8.61±6.46	8.88	—	26.06±11.32	13.02	—	19.38±8.76	16.51	—
红花大金元	CK	8.91±1.01	4.78	24.24	26.09±6.47	9.24	27.10	15.82±4.65	7.48	25.81
	TR	11.07±4.34 ^{**}	6.75	—	33.16±5.85 ^{**}	7.85	—	20.33±13.52 ^{**}	15.77	—

注: * 表示同一品种在 0.05 水平差异显著; ** 表示同一品种在 0.01 水平差异极显著
Note: * indicated significant differences of the same variety at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences of the same variety at 0.01 level

2.2 不同品种干旱处理不同天数后叶片脯氨酸含量的比较 从表 2 可以看出,干旱对烟草旺长期叶片的脯氨酸含量影响十分明显,经干旱处理后,各品种叶片脯氨酸含量极显著高于各自对照。干旱 7 d 后,供试品种叶片脯氨酸含量最高的南江三号,为 681.47 μg/g,最低的是红花大金元,为 412.51 μg/g;旱害指数最大的是 K326,为 69.74%,最小的是 TN90,为 38.04%。干旱 14 d 后,各材料叶片脯氨酸含量最高

的是南江三号,为 1 023.64 μg/g,最小的是红花大金元,为 471.71 μg/g;旱害指数最高的是 K326,为 115.18%,最小的是红花大金元,为 35.60%。干旱 21 d 后,供试品种叶片脯氨酸含量最高的是南江三号,为 936.15 μg/g,最低的是红花大金元,为 406.33 μg/g;旱害指数最大的是南江三号,为 96.21%,最小的是红花大金元,为 18.80%。综合比较,干旱后脯氨酸含量较高的是 K326,较低的是红花大金元。

表 2 不同品种干旱处理不同天数后叶片脯氨酸含量的比较
Table 2 Comparison of tobacco proline contents after different days of drought treatment

品种名称 Variety name	处理 编号 Treat- ment code	连续干旱 7 d 7 d after continuous drought			连续干旱 14 d 14 d after continuous drought			连续干旱 21 d 21 d after continuous drought		
		脯氨酸含量 Proline content μg/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%	脯氨酸含量 Proline content μg/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%	脯氨酸含量 Proline content μg/g	CV	旱害指数 Drought disease index//%
NC82	CK	325.46±37.21**	29.38	49.51	361.24±47.83	52.13	66.75	352.47±63.24	35.81	59.81
	TR	486.58±38.88**	32.24	—	602.39±52.64**	47.38	—	563.29±45.13**	26.72	—
K326	CK	427.38±21.46	51.23	69.74	451.32±23.89	61.52	115.18	422.39±33.87	41.37	85.51
	TR	725.44±46.21**	47.06	—	971.13±41.01**	47.13	—	783.61±54.92**	55.24	—
TN90	CK	305.21±17.83	32.85	38.04	342.37±23.06	62.39	58.68	351.34±30.17	19.02	34.45
	TR	421.32±32.63**	55.34	—	543.26±51.22**	54.12	—	472.37±28.79**	44.85	—
韭菜坪 2 号 Jiucaiping 2	CK	289.69±52.64	23.47	57.88	321.33±33.47	82.31	65.85	377.96±35.42	63.12	48.50
	TR	457.36±52.13**	35.01	—	532.94±42.83**	19.77	—	561.27±63.49**	41.87	—
毕纳 1 号 Bina 1	CK	354.22±22.31	21.39	41.50	373.52±55.29	27.64	53.24	362.38±52.11	32.58	33.94
	TR	501.23±19.99**	42.33	—	572.37±19.88**	34.19	—	485.37±41.51**	52.13	—
南江三号 Nanjiang 3	CK	463.21±17.58	38.49	47.12	531.11±42.28	64.13	92.74	477.11±32.23	40.11	96.21
	TR	681.47±42.35**	43.52	—	1 023.64±73.36**	45.28	—	936.15±61.11**	54.61	—
红花大金元	CK	293.83±44.75	29.82	40.39	347.86±55.12	37.12	35.60	380.27±28.73	33.72	18.80
Honghuadajinyuan	TR	412.51±22.13**	18.77	—	471.71±32.11**	51.22	—	406.33±37.26**	50.96	—

注: * 表示同一品种在 0.05 水平差异显著; ** 表示同一品种在 0.01 水平差异极显著
Note: * indicated significant differences of the same variety at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences of the same variety at 0.01 level

2.3 不同品种干旱处理不同天数后 SOD 活性的比较 由表 3 可知,连续干旱 7 d 后,与对照相比,供试品种 SOD 活性除

TN90 略有下降外总体上呈增强趋势,其中 K326 的 SOD 活性极显著增强,旱害指数为 11.60%。连续干旱处理 14 d 后,与

表 3 不同品种干旱处理不同天数后烟草 SOD 活性的比较
Table 3 Comparison of tobacco SOD activity after different days of drought treatment

品种名称 Variety name	处理 编号 Treat- ment code	连续干旱 7 d 7 d after continuous drought			连续干旱 14 d 14 d after continuous drought			连续干旱 21 d 21 d after continuous drought		
		SOD 活性 SOD activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index//%	SOD 活性 SOD activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index//%	SOD 活性 SOD activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index//%
NC82	CK	172.92±3.94	3.95	4.63	172.92±3.94	3.95	2.87	184.59±2.06	3.25	-2.91
	TR	180.93±3.48	3.46	—	177.88±1.14	3.37	—	179.21±5.18	2.06	—
K326	CK	174.09±5.56	8.84	11.60	178.09±5.86	5.04	11.85	167.40±5.81	6.37	11.51
	TR	194.28±4.11**	3.86	—	199.19±3.68**	3.38	—	186.66±5.35**	5.81	—
TN90	CK	172.63±3.52	3.53	-0.26	172.63±3.52	3.53	-9.10	169.34±10.36	11.28	-10.12
	TR	172.19±1.56	1.56	—	156.92±9.72*	5.36	—	152.21±8.59**	10.36	—
韭菜坪 2 号 Jiucaiping 2	CK	176.32±3.58	5.23	3.68	176.32±8.85	3.52	4.54	178.94±3.37	4.37	-2.58
	TR	182.81±5.67	0.61	—	184.32±5.14	9.18	—	174.32±9.48	3.37	—
毕纳 1 号 Bina 1	CK	180.08±3.41	3.28	1.23	176.08±6.21	3.28	5.13	177.04±5.85	6.88	-2.46
	TR	182.30±2.63	2.54	—	185.11±2.15	2.01	—	172.69±8.38	5.85	—
南江三号 Nanjiang 3	CK	181.21±6.75	4.34	1.14	164.21±3.75	3.58	11.30	172.47±2.25	3.72	10.87
	TR	183.27±1.83	1.73	—	182.76±8.82**	8.25	—	191.21±2.91**	2.25	—
红花大金元 Honghuada-jinyuan	CK	178.33±9.78	3.33	4.70	188.33±6.94	6.27	-3.41	182.23±6.54	7.89	-12.02
	TR	186.68±1.07	5.98	—	181.90±7.28	6.95	—	160.32±7.73**	6.54	—

注: * 表示同一品种在 0.05 水平差异显著; ** 表示同一品种在 0.01 水平差异极显著
Note: * indicated significant differences of the same variety at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences of the same variety at 0.01 level

对照相比,TN90 的 SOD 活性显著降低,旱害指数为-9.10%,红花大金元的 SOD 活性略有降低,但不显著;其他品种 SOD 活性均呈上升趋势,K326 和南江三号叶片 SOD 活性极显著增强,旱害指数分别为 11.85%、11.30%。连续干旱处理 21 d 后,与对照相比,K326 和南江三号的 SOD 活性极显著增强,旱害指数分别为 11.51%和 10.87%,其他品种 SOD 活性呈下降趋势,其中 TN90 和红花大金元的 SOD 活性极显著降低,旱害指数分别为-10.12%和-12.02%。

2.4 不同品种干旱处理不同天数后烟草 CAT 活性的比较 由表 4 可知,连续干旱 7 d 后,与对照相比,供试品种韭菜坪 2 号和红花大金元的 CAT 活性略有下降,但不显著;TN90 的 CAT 活性显著下降,旱害指数为-7.63%;NC82 和南

江三号的 CAT 活性略有增加,但不显著,K326 和毕纳 1 号的 CAT 活性呈现显著或极显著增强,旱害指数分别为 22.88%、7.40%。连续干旱处理 14 d 后,与对照相比,TN90、韭菜坪 2 号、毕纳 1 号、红花大金的 CAT 活性显著降低,旱害指数分别为-13.26%、-13.37%、-14.12%、-14.49%;NC82、K326 和南江三号的 CAT 活性显著或极显著增强,旱害指数分别为 12.84%、26.67%、10.06%。连续干旱处理 21 d 后,与对照相比,红花大金元的 CAT 活性降低,但不显著;TN90 的 CAT 活性显著降低,旱害指数为-9.38%;其他供试材料 CAT 活性均呈增强趋势,其中 NC82、毕纳 1 号和南江三号的 CAT 活性显著或极显著增强,旱害指数分别为 23.68%、13.06%、13.65%。

表 4 不同品种干旱处理不同天数后烟草 CAT 活性的比较
Table 4 Comparison of tobacco CAT activity after different days of drought treatment

品种名称 Variety name	处理 编号 Treatment code	连续干旱 7 d 7 d after continuous drought			连续干旱 14 d 14 d after continuous drought			连续干旱 21 d 21 d after continuous drought		
		CAT 活性 CAT activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index // %	CAT 活性 CAT activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index // %	CAT 活性 CAT activity U/mg	CV	旱害指数 Drought disease index // %
NC82	CK	100.32±8.76	6.56	0.04	114.37±9.17	11.01	12.84	96.89±7.25	9.46	23.68
	TR	104.28±4.78	8.83		129.05±5.96 *	8.48		119.83±1.03 * *	5.11	
K326	CK	124.52±2.36	7.28	22.88	150.16±8.24	12.78	26.67	148.42±5.58	8.50	0.84
	TR	152.68±7.89 * *	9.79		190.21±7.82 * *	10.23		149.67±9.85	12.13	
TN90	CK	106.44±1.68	3.45	-7.63	143.12±15.25	18.18	-13.26	125.22±9.16	12.33	-9.38
	TR	98.32±9.82 *	11.53		124.14±9.97 *	11.46		113.48±4.61 *	6.97	
韭菜坪 2 号 Jiucaiping 2	CK	109.36±6.86	10.07	-1.32	194.36±9.59	12.85	-13.37	177.35±4.15	6.45	4.22
	TR	107.92±11.02	6.63		168.37±8.23 *	12.45		184.83±7.21	9.59	
毕纳 1 号 Bina 1	CK	102.16±10.11	15.82	7.40	185.71±7.98	11.85	-14.12	161.84±6.12	8.89	13.06
	TR	109.72±8.06 *	12.36		159.48±9.46 *	12.03		182.98±5.46 *	8.46	
南江三号 Nanjiang 3	CK	105.90±8.59	10.47	3.93	146.68±11.24	15.38	10.06	134.41±7.83	9.78	13.65
	TR	110.12±9.13	13.13		161.44±10.12 *	14.91		152.76±6.48 *	7.84	
红花大金元 Honghuada-jinyuan	CK	122.26±11.23	16.23	-2.11	193.56±10.44	15.85	-14.49	138.23±7.16	9.48	-4.19
	TR	119.68±15.64	17.86		171.32±7.85 *	11.78		132.44±9.89	12.22	

注: * 表示同一品种在 0.05 水平差异显著; * * 表示同一品种在 0.01 水平差异极显著
Note: * indicated significant differences of the same variety at 0.05 level; * * indicated extremely significant differences of the same variety at 0.01 level

2.5 供试材料抗旱性综合评价 利用 MDA 含量、Pro 含量、SOD 活性和 CAT 活性的隶属函数值对 7 个烟草材料进行抗旱性综合评价,结果见表 5。由表 5 可知,7 个烟草品种可分为 4 类:高抗品种为 K326 和南江三号;中抗品种为 NC82;不抗品种包括韭菜坪 2 号和毕纳 1 号;干旱敏感材料包括 TN90 和红花大金元。

表 5 不同品种 4 个指标隶属函数值和抗旱性综合评价比较
Table 5 Comparison of subordinate function values and the comprehensive evaluation of drought resistance of different varieties

品种名称 Variety name	隶属函数值 Subordinate function value				平均值 Average	综合评价 Comprehensive evaluation
	MDA 含量 MDA conetent	脯氨酸含量 Proline content	SOD 活性 SOD activity	CAT 活性 CAT activity		
NC82	0.770 4	0.609 3	0.649 3	0.711 4	0.685 1	中抗
K326	0.879 4	0.884 1	0.978 7	0.803 7	0.886 5	高抗
TN90	0.350 4	0.101 7	0.166 3	0.279 1	0.224 4	敏感
韭菜坪 2 号 Jiucaiping 2	0.632 9	0.381 2	0.563 1	0.519 8	0.524 3	不抗
毕纳 1 号 Bina 1	0.644 2	0.418 5	0.610 3	0.623 7	0.574 2	不抗
南江三号 Nanjiang 3	0.834 5	0.947 6	0.828 6	0.822 3	0.858 3	高抗
红花大金元 Honghuadajinyuan	0.361 3	0.221 1	0.432 6	0.461 2	0.369 1	敏感

3 讨论

3.1 干旱胁迫对烟草 MDA 含量的影响 MDA 是植物受胁迫后细胞膜质过氧化物之一,是衡量植物受害程度的重要指标。赵会杰等^[21]研究表明,干旱后烟草 MDA 含量较对照极显著增加;汪耀富等^[18]研究发现,干旱后烟草 MDA 含量增加,干旱程度越严重,MDA 含量越高;覃鹏等^[6]在试验中发现,随着干旱程度的增加供试烟草品种叶片 MDA 含量呈先升后降的趋势。该研究发现,随干旱时间延长,供试品种的 MDA 含量先升高后降低,这与覃鹏^[6]的研究结果相同,但与汪耀富等^[18,21]的研究结果不尽相同。这可能是因为赵会杰只测定了干旱 20 d 后烟草叶片 MDA 变化,而没有测定干旱 20 d 前后烟草叶片 MDA 含量变化;汪耀富则是连续干旱 10 d 后复水在测定烟草叶片 MDA 变化,该试验则是一直保持土壤相对含水量为 30%~35% 干旱处理 21 d,并于第 7、14、21 天测定烟草叶片 MDA 变化,因此结果不同。该研究结果还发现,随着干旱时间的延长,高抗品种 K326 的 MDA 含量持续降低,而干旱敏感品种 TN90 和红花大金元 MDA 含量显著升高。这可能是在受到干旱胁迫后,高抗品种能迅启动应答反应,促进某些基因的表达从而清除氧自由基对细胞膜的伤害,而干旱敏感品种缺乏这种基因从而缺乏应答机制。

3.2 干旱胁迫对烟草脯氨酸含量的影响 脯氨酸是植物蛋白质的组成成分之一,在植物中广泛以游离态存在。在干旱胁迫下,脯氨酸迅速积累。脯氨酸的积累可以在植物细胞质中起着渗透调节的重要作用^[22],而且在稳定生物大分子结构、降低细胞酸性、减轻氨毒害、调节细胞氧化还原等方面起着重要作用。孟军等^[23]研究表明,Pro 可以作为烟草抗旱性鉴定指标,随干旱时间延长,烟草叶片 Pro 含量增加先增加后下降。崔保伟等^[24]研究发现,不同生育时期干旱烤烟叶片中游离脯氨酸的含量均增加。该研究结果表明,随干旱时间延长,烟草叶片 Pro 含量总体上呈现先上升后下降趋势,这与孟军等^[23]的研究结果相同。高抗品种 K32 和南江三号在受干旱胁迫后,Pro 增长速率极显著高于干旱敏感品种 TN90 和红花大金元。这可能是因为 Pro 的迅速积累,可有效减轻干旱对植物细胞的伤害,这与王韶唐^[22]的观点相同。因此,Pro 可以作物烟草旺长期抗旱鉴定的参考指标之一。

3.3 干旱胁迫对烟草保护酶活性的影响 保护酶系统是作物的一种自我保护机制,在受到干旱胁迫时 SOD 和 CAT 等能有效清除干旱胁迫下产生的活性氧自由基,保护作物膜系统不受活性氧自由基的破坏,已被众多研究者用作抗旱鉴定指标^[25-27]。SOD 和 CAT 能高效清除植物受胁迫产生的超氧阴离子自由基,对植物的抗性具有十分重要的作用。前人对不同植物的干旱研究表明,抗旱性越强,SOD 活性上升幅度越大^[28-29];SOD 活性下降越多的其抗旱性越强^[30-31]。研究发现,干旱后烟叶中 SOD 活性先上升后下降,CAT 活性则一直下降。周冀衡等^[19]研究表明,干旱胁迫下,烟草叶片 SOD、CAT 活性均增强。覃鹏等^[7]研究认为,干旱胁迫下烟草保护酶活性均有所增强,抗旱品种上升幅度更大。王茅雁等^[32]研究玉米的抗旱性与保护酶活性的关系时发现,抗旱

性不同的品种在干旱胁迫下 CAT 的表现不同,抗旱性强的品种在干旱初期 CAT 活性保持不变或升高,在后期小幅度降低,抗旱性差的品种 CAT 活性则一直下降。该研究发现,随着干旱时间的延长,高抗品种 K326 和南江三号的叶片 SOD、CAT 活性显著增加;干旱敏感品种 TN90 和红花大金元在受干旱胁迫后,SOD 和 CAT 活性降低,这与覃鹏等^[7,19]的研究结果相同。在应对干旱胁迫过程中,高抗品种和敏感品种 SOD 和 CAT 活性变化表现出了高度的一致性:高抗品种 SOD 和 CAT 活性一致增加,敏感品种一致降低。因此,SOD 和 CAT 活性可作为烟草旺长期抗旱鉴定的重要参考指标。

3.4 基于称重法的烟草旺长期抗旱鉴定方法分析 植物抗旱机制十分复杂,同一植物采用不同的抗旱鉴定方法,可能鉴定结果不一样。选择合适的抗旱鉴定方法,不仅能提高筛选抗旱品种的效率,还能提高抗旱鉴定结果的准确性。采用大田自然干旱鉴定,易于操作并且结果可靠,但是该方法受天气影响大,也不宜开展多年试验,并且年份间的鉴定结果可能出现较大差异。利用盆栽试验,采用称重法控制盆栽土壤含水量,可根据试验需求,合理选择干旱胁迫时间,准确控制干旱胁迫强度,便于进行多年重复试验,鉴定结果较可靠且便于比较,是一种较好的干旱胁迫处鉴定法。但是称重法工作量大,仍难以鉴定大批量材料。

隶属函数法其以定量形式分析不同品种对干旱的反应,能较为准确地评定作物间以及品种间的抗旱性差异^[33],使品种间的抗旱性更具可比性^[34]。该试验以称重法作为烟草干旱处理方法,最大程度上保证供试材料生长环境一致,以自身对照消除因品种特性带来的误差,采用隶属函数法综合评价烟草的抗旱性,提高了鉴定结果的可靠性。该研究结果认为,K326 为抗旱品种,红花大金元为干旱敏感品种,与前人研究的结果相同^[35-36]。这也许能说明采用称重法作为抗旱鉴定处理方法,以与抗旱相关的指标的隶属函数值作为评判标准,是一种较好且较准确的作物抗旱筛选鉴定方法。

4 结论

以称重法控制盆栽土壤含水量,通过测定与抗旱性相关的指标作为联合鉴定指标,选用隶属函数值法对材料进行抗旱性鉴定,是一个比较好的烟草抗旱性鉴定方法。干旱后 MDA 和 Pro 含量变化及 SOD 和 CAT 的活性变化可以作为烟草旺长期抗旱鉴定的重要参考指标。该试验鉴定出 2 个高抗烟草品种 K326 和南江三号以及 2 个干旱敏感型材料 TN90 和红花大金元。

参考文献

- [1] 赵志平,吴晓蕾,李果,等.2009—2011 年我国西南地区旱灾程度及其对植被净初级生产力的影响[J].生态学报,2015,35(2):350-360.
- [2] 王素琴,郭战峰.西南气象干旱呈三大特点[N].中国气象报,2010-03-04(003).
- [3] 汪志成,刘仁祥,石妙妙,等.基于称重法的烟草伸根期抗旱性鉴定[J].西南农业学报,2016,29(4):959-965.
- [4] 吴迪,汪志成,刘仁祥,等.烟草苗期抗旱性鉴定指标筛选与评价[J].西南农业学报,2017,30(6):1309-1314.
- [5] 袁有波,李继新,丁福章,等.不同干旱胁迫对烟草叶片保护酶活性的影响[J].中国烟草科学,2009,30(5):10-13.
- [6] 覃鹏,曾淑华,刘飞虎.烟草抗旱性生理生化研究进展[J].贵州农业科学,2002,30(2):55-58.

- [7] 覃鹏,刘叶菊,刘飞虎.干旱处理对烟草叶片 SOD 和 POD 活性的影响[J].中国烟草科学,2005,26(2):28-30.
- [8] 曾群望,杨双兰.云烟生产的土壤地质背景[M].昆明:云南科技出版社,1993.
- [9] 周永波,邵孝侯,刘旭,等.不同烤烟品种对旺长期干旱胁迫的生理响应[J].节水灌溉,2009(10):10-12.
- [10] 周冀衡,胡希伟,周祥胜.烟草抗旱生理的研究[J].中国烟草,1988,9(2):37-41.
- [11] 汪志威.烟草抗旱性状配合力研究及抗性材料的筛选[D].贵阳:贵州大学,2016.
- [12] 王贺正,李艳,马均,等.水稻苗期抗旱性指标的筛选[J].作物学报,2007,33(9):1523-1529.
- [13] 张安宁,王飞名,余新桥,等.基于土壤水分梯度鉴定法的栽培稻抗旱标识品种筛选[J].作物学报,2008,34(11):2026-2032.
- [14] BADU-APRAKU B, FAKOREDE M, MENKIR A, et al. Screening maize for drought tolerance in the Guinea savanna of West and Central Africa[J]. Cereal research communications, 2007, 33(2/3): 533-540.
- [15] 蒋明义,杨文英,徐江,等.渗透胁迫诱导水稻幼苗的氧化伤害[J].作物学报,1994,20(6):733-738.
- [16] 张海明,王茅雁,侯建华.干旱对玉米过氧化氢、MDA 含量及 SOD、CAT 活性的影响[J].内蒙古农牧学院学报,1993,14(4):92-95.
- [17] SINGH T N, ASPINALL D, PALEG L G. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley: A potential metabolic measure of drought resistance[J]. Nature new biology, 1972, 236(67): 188-190.
- [18] 汪耀富,韩锦峰,林学梧.烤烟生长期对干旱胁迫的生理生化响应研究[J].作物学报,1996,22(1):117-121.
- [19] 周冀衡,王彦亭,余佳斌,等.干旱条件下氮肥形态对烤烟叶片内源保护酶活性的影响[J].中国烟草科学,2001,22(2):5-8.
- [20] 汪志威,张永英,左碧浩,等.大穗型杂交水稻父本材料的耐冷性筛选与鉴定[J].长江流域资源与环境,2013,22(12):1635-1641.
- [21] 赵会杰,林学梧,刘国顺.干旱胁迫对香料烟叶片生理特性的影响[J].中国烟草,1993,14(1):1-3.
- [22] 王韶唐.植物抗旱的生理机理[M].北京:科学出版社,1983.
- [23] 孟军,吴迪,夏志林,等.干旱胁迫下烟草脯氨酸杂种优势及相关基因差异表达分析[J].中国烟草科学,2018,39(2):1-7.
- [24] 崔保伟,陆引罡,张振中,等.不同生育期水分胁迫对烤烟生理特性及化学品质的影响[J].中国烟草科学,2009,30(3):19-23.
- [25] 吴晨阳,陈丹,罗海伟,等.外源硅对花期高温胁迫下杂交水稻授粉结实特性的影响[J].应用生态学报,2013,24(11):3113-3122.
- [26] FAN W W, WANG L A, MA C H, et al. The influence of the *Verticillium dahliae* kleb infection on the anti-enzyme inside the body of the cotton with different root injured degree[J]. Agricultural sciences of China, 2007, 6(7): 816-824.
- [27] TEWARI R K, KUMAR P, KIM S, et al. Nitric oxide retards xanthine oxidase-mediated superoxide anion generation in *Phalaenopsis* flower: An implication of NO in the senescence and oxidative stress regulation[J]. Plant cell reports, 2009, 28(2): 267-279.
- [28] 王建华,刘鸿先,徐同.超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用[J].植物生理学通讯,1989,25(1):1-7.
- [29] 周瑞莲,王刚.水分胁迫下豌豆保护酶活力变化及脯氨酸积累在其抗旱中的作用[J].草业学报,1997,6(4):39-43.
- [30] 祁云枝,杜勇军.干旱胁迫下黄瓜及蚕豆叶片膜透性改变及其机理的初步研究[J].陕西农业科学,1997(4):6-7.
- [31] 许东河,李东艳,程舜华.大豆超氧化物歧化酶(SOD)活性与其抗旱性关系研究[J].河北农业技术师范学院学报,1991,5(3):1-4.
- [32] 王茅雁,邵世勤,张建华,等.水分胁迫对玉米保护酶系活力及膜系统结构的影响[J].华北农学报,1995,10(2):43-49.
- [33] 龚明.作物抗旱性鉴定方法与指标及其综合评价[J].云南农业大学学报,1989,4(1):73-81.
- [34] LORENS G F, BENNETT J M, LOGGALE L B. Differences in drought resistance between two corn hybrids. 1. Water relations and root length density[J]. Agronomy journal, 1987, 79(5): 802-807.
- [35] 盛业龙,马文广,段胜智,等.20个烟草品种抗旱性的比较筛选与综合评价[J].安徽农业科学,2013,41(11):4766-4769.
- [36] 覃鹏,杨志稳,孔治有,等.干旱对烟草旺长期光合作用的影响[J].亚热带植物科学,2004,33(2):5-7.

(上接第 24 页)

有效穗是影响大麦产量的主要因素,究其原因可能是其所测产量仅指籽粒产量,笔者所指的产量是生物产量。今后要进一步研究更多农艺性状对青贮大麦鲜草产量的影响。

青贮大麦需要收获最大的生物产量,根据分析结果,提出青贮大麦栽培技术要点:①选择分蘖强、成穗率高、有效茎多、乳熟期有效绿叶数多、中高秆、抗病、抗倒伏的多穗型品种;②增加播种量,比常规收获籽粒大麦增加播种量 30~45 kg/hm²;③重施底肥,早施分蘖肥,保证足够数量的茎蘖总数和有效茎数;④加强病虫害防治,保证乳熟期单株有效绿叶数不低于 4.5 片;⑤及时收获,乳熟期生物产量达最大时及时收获青贮或制作干草,收获太迟,产量低、适口性差。

参考文献

- [1] 王男生,王博,雷恒.大麦的营养价值与提高其畜禽利用率的措施[J].中国饲料,2014(4):18-22.
- [2] 郑家文,刘猛道,黄耀成.保山市“啤饲大麦”种植和饲料市场分析[J].大麦与谷类科学,2009(1):10-12.
- [3] 陈晓东,赵斌,王瑞,等.不同刈割层次与刈割时期对大麦饲草产量与品质的影响[J].中国农学通报,2015,31(12):36-39.
- [4] 陈晓东,赵斌,李昌好,等.刈割期对多穗饲料大麦饲草及籽粒产量与品质的影响[J].麦类作物学报,2017,37(3):409-413.
- [5] 刘蓓一,宦海琳,顾洪如,等.不同发酵时期大麦青贮品质和微生物多样性变化[J].江苏农业学报,2019,35(3):653-660.
- [6] 田静,谢昭良,刘家杏,等.冬闲田种植大麦不同生育期的营养价值和青贮品质[J].草业科学,2017,34(4):753-760.

- [7] 张放,蔡海莹,王志耕,等.不同品种全株饲用大麦青贮发酵品质及其营养成分动态变化研究[J].中国奶牛,2014(S4):1-8.
- [8] 张放.全株青刘大麦青贮及其在奶牛 TMR 日粮中应用研究[D].合肥:安徽农业大学,2015.
- [9] 张巧娥,杨库.奶牛日粮中大麦青贮代替牧草青贮对泌乳奶牛的影响[J].畜牧与饲料科学(奶牛版),2006,27(6):13.
- [10] 张云影,苏斯瑶,刘臣,等.青贮大麦饲喂育肥鹅的效果[J].中国畜牧兽医文摘,2017,33(11):215.
- [11] 徐英,王汝贵,王锐,等.全株甘蔗与全株大麦混合青贮饲养肉牛效果观察[J].养殖与饲料,2014(2):15-17.
- [12] 梁锦涛,李乔仙,徐驰,等.青贮饲草加工利用及安全性分析研究[J].草业,2019(1):67-72.
- [13] 赵加涛,刘猛道,杨向红,等.保山市大麦种质资源农艺性状与产量的相关性分析[J].中国种业,2016(6):40-42.
- [14] 唐启义,冯明光.DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M].北京:科学出版社,2007.
- [15] 杨金华,于亚雄,刘丽,等.CIMMYT 不同棱型大麦产量构成因素及其对产量的影响[J].西南农业学报,2008,21(4):920-924.
- [16] 陈小米,覃成,钟永先,等.长江上游小麦产量与主要农艺性状的相关性分析和通径分析[J].耕作与栽培,2019(2):13-17.
- [17] 梁春波,黄绪堂,王文军,等.油用向日葵资源农艺性状与单株粒重的灰色关联分析[J].作物杂志,2013(6):50-52.
- [18] 赵禹凯,王显瑞,张立媛,等.谷子产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].安徽农学通报,2013,19(22):21-23.
- [19] 邹薇,刘铁梅,孔德艳,等.大麦产量构成模型[J].应用生态学报,2009,20(2):396-402.
- [20] 王瑞,李昌好.合肥地区多穗饲料大麦品种产量结构和主要农艺性状分析[J].大麦科学,1999(2):5-7.
- [21] 赵加涛.保大麦 14 号主要农艺性状与产量的相关性和通径分析[J].中国种业,2016(2):49-51.