

复合盐碱处理下烤烟品种发芽特性及耐盐性评价

叶协锋¹, 张晓帆¹, 郑宪滨², 马 静¹, 刘晓涵¹, 周涵君¹, 付仲毅¹

(1.河南农业大学烟草学院, 国家烟草栽培生理生化研究基地, 烟草行业烟草栽培重点实验室, 郑州 450002; 2.中国烟草总公司职工进修学院, 郑州 450002)

摘 要: 为探讨不同烤烟种子萌发期耐盐特性, 以 5 个烟草品种为供试材料, 在发芽期采用不同质量浓度的复合盐碱处理, 研究其对烟草品种主要发芽特性的影响。结果表明, 低浓度盐碱 (0.2%、0.4%) 不同程度提高了 K326、红花大金元和云烟 97 的发芽率和发芽势, 红花大金元和 K326 的发芽指数也较对照有所增高; 中高浓度盐碱 (0.6%) 降低了各品种种子的发芽率、发芽势及发芽指数, 而干重始终随盐碱浓度增大而减小, 盐害率则随浓度增大而增大。低浓度的复合盐碱促进部分烤烟品种 (K326、红花大金元、云烟 97) 萌发, 而高浓度盐碱对供试品种的萌发有强烈的抑制作用。不同品种对盐碱的耐受力不同, 低盐碱下红花大金元、云烟 87 和 K326 表现相似且良好, 云烟 97 次之, 中烟 100 较弱; 中高盐碱处理下, K326 和云烟 87、云烟 97 表现较好, 红花大金元次之, 中烟 100 较弱。

关键词: 复合盐碱; 烤烟; 品种; 发芽特性; 耐盐性

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2017) 03-0037-07

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.03.007

Germination Characteristics of Flue-cured Tobacco Varieties under Mixed Salt-alkali Stresses and Evaluations of Their Saline-alkali Tolerance

YE Xiefeng¹, ZHANG Xiaofan¹, ZHENG Xianbin², MA Jing¹, LIU Xiaohan¹, ZHOU Hanjun¹, FU Zhongyi¹

(1. Tobacco Science College of Henan Agricultural University, National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Centre, Key Laboratory for Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Zhengzhou 450002, China; 2. Staff Development Institute of China National Tobacco Corporation, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The aim of the study was to evaluate the saline-alkali tolerance of different flue-cured tobacco varieties and screen for flue-cured tobacco varieties suitable for growing in saline-alkali soils. Five flue-cured tobacco varieties (Yunyan87, K326, Honghuadajinyuan, Yunyan97 and Zhongyan100) were treated with 0, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1% saline alkali with n (NaCl): n (Na₂SO₄): n (NaHCO₃)=1:1:1. Germination rate, germination potential, germination index, vigor index, salt injury index, fresh and dry weight per plant were recorded. The results showed that the low concentration (0.2%, 0.4%) saline-alkali treatments promoted the germination rate and viability of K326, Honghuadajinyuan and Yunyan97 in different degrees, and the germination indexes of Honghuadajinyuan and K326 were higher than CK. High concentrations (0.6%) of saline-alkali inhibited the germination rate, viability and index of all varieties. Dry weight decreased with the increase of saline-alkali concentration, and salt injury rate increased with salt concentration. The low concentration saline-alkali solutions could promote some varieties of flue-cured tobacco (Honghuadajinyuan, Yunyan97), while high concentration saline-alkali solutions had strong inhibition effects on germination of testing varieties. Under low salinity (0.2%, 0.4%), Honghuadajinyuan, Yunyan87 and K326 had similar tolerance to salinity-alkalinity stresses with a good performance, while Yunyan97, Zhongyan100 had poor performance. Under high concentrations (0.6%) of saline-alkali, K326 and Yunyan97, Yunyan87 performed better, followed by Honghuadajinyuan, and Zhongyan100 had a bad performance.

Keywords: mixed salt-alkali; flue-cured tobacco; variety; germination characteristics; salt tolerance

基金项目: 烟草行业烟草栽培重点实验室资助项目“植烟土壤肥力培育及提高肥料利用率技术研究”{中烟办[2014]334号}; 重庆市烟草公司资助项目“云烟品牌导向型生态优质烟叶生产技术模式构建研究与推广”(NY20140401070010)

作者简介: 叶协锋 (1979-), 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 烟草栽培生理和土壤改良。E-mail: yexiefeng@163.com

收稿日期: 2016-11-22

修回日期: 2017-02-23

据联合国教科文组织 (UNESCO) 和世界粮农组织 (FAO) 不完全统计, 全球盐渍土面积已达 $9.5 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 我国盐渍土面积约 3460 万 hm^2 , 耕地盐碱化 760 万 hm^2 , 近 1/5 耕地发生盐碱化^[1], 且随着化肥用量增加和不合理的灌溉, 土壤次生盐渍化亦愈来愈重^[2]。叶协锋^[3]对河南省 12 个植烟地市的统计显示植烟土壤出现不同程度的盐渍化, 8.35% 的土壤样品盐分含量在 0.11% ~ 0.15%, 1.88% 的土壤样品盐分含量大于 0.15%, 极个别地区的土壤甚至属于中度盐渍化。赵莉^[4]通过对湖南烟区植烟土壤的分析也证实植烟土壤盐离子表聚现象严重且日益恶化, 其中盐离子主要包括 NO_3^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等, 通过对施肥和灌溉的调控可明显减少 NO_3^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 的含量, 但对 SO_4^{2-} 效果不明显。考虑到目前我国烟草主要施用烟草专用复合 (混) 肥, 其中钾肥以硫酸钾为主^[5], 因此多数植烟土壤中均应有大量 SO_4^{2-} 残留, 造成盐分堆积并逐渐形成氯化物-硫酸根型盐渍土壤。但在内陆盐碱地中, 由 NaHCO_3 等碱性盐所造成的土壤碱化问题比由 NaCl 和 Na_2SO_4 等中性盐所造成的土壤盐化问题更为严重^[6]。此外, 烟草漂浮育苗过程中由于盘表水分蒸发快、湿度低、盐析现象严重, 营养液里的氮和钙、镁、铜、铁、锰等元素在基质上部富集, 也经常会出现盐害^[7-8]。

盐度是影响植物生存、生长和繁殖的重要环境因子^[9]。育苗盘中盐分过多, 不仅推迟齐苗时间, 还会导致烟苗生长缓慢, 甚至黄化、死亡等, 严重影响烟苗素质, 降低成苗率^[8]; 土壤中盐分过多, 将抑制种子发芽、出苗, 影响作物的营养平衡和细胞正常生理功能。目前关于烟草耐盐性的研究大多主要集中在耐盐基因的筛选^[10-11]及单盐条件下烟草的反应上, 王程栋等^[12]研究了 NaCl 胁迫下烤烟品种 NC89 的叶片细胞超微结构, 胡庆辉等^[13]研究了盐与干旱胁迫诱导烤烟叶片细胞程序性死亡及多酚物质含量和苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO) 活性的变化, 龚理^[14]采用不同浓度 NaCl 溶液对 7 个烟草品种的种子萌发期和幼苗期进行胁

迫试验, 但目前关于复合盐碱处理对不同烟草品种的影响及品种间耐盐性评价研究尚未见报道。

发芽期是植物对盐胁迫最敏感的时期^[15], 这一阶段的耐盐能力一定程度上反映了植物整体的耐盐性^[16]。种子耐盐性是进行植物耐盐性早期鉴定及耐盐个体与品种早期选择的基础, 萌发期和苗期鉴定耐盐性结果准确、省时省力^[17]。因此, 本研究以全国烟区种植面积较广的云烟 87、K326、红花大金元、云烟 97 和中烟 100 为研究对象, 以 $n(\text{NaCl}):n(\text{Na}_2\text{SO}_4):n(\text{NaHCO}_3)=1:1:1$ 的复合盐碱溶液模拟盐碱环境, 探究其在不同盐碱处理下的发芽特性, 对各品种苗期耐盐性特性进行鉴定和评价, 旨在为盐碱环境下种植烟草及优质抗逆性强的烟草品种选育提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试烟草品种为云烟 87、K326、红花大金元、云烟 97 和中烟 100。中烟 100 由中国农业科学院烟草研究所提供, 其他品种由玉溪中烟种子有限责任公司提供。

1.2 试验方法及测定指标

试验在中国烟草总公司职工进修学院人工气候室进行, 白天温度为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 夜间温度为 $18 \text{ }^\circ\text{C}$, 光照为 $150 \text{ } \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 光照时长为 13 h/d, 相对湿度 70%。选取均匀一致饱满的烟草种子, 先用 0.2% CuSO_4 溶液消毒 15 min^[18], 用去离子水冲洗 3 遍, 备用。

选用 $n(\text{NaCl}):n(\text{Na}_2\text{SO}_4):n(\text{NaHCO}_3)=1:1:1$ 的混合盐溶液作为种子发芽的培养液, 以去离子水为对照, 分设质量分数为 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 五个浓度梯度, 每个处理重复 3 次, 每次重复选取 100 粒种子放入垫有脱脂棉及滤纸的消毒培养皿中, 脱脂棉及滤纸用相应浓度的盐碱溶液浸透, 置于气候室内进行培养, 每天下午 3 点补充蒸发的水分并统计种子发芽粒数 (置床后第 4 天开始计数, 第 14 天计数结束, 以胚根超过种子长度的 1/2 为发

芽标准)。置床后第 14 天每个处理随机选取 10 株幼苗,测定苗长;置床后第 19 天将各培养皿中所有已发芽幼苗称重,并杀青烘干测定干重,用总重量除以发芽种子数得到每株幼苗的平均鲜重和干重。相关指标的计算公式如下:

发芽率 (%) = 置床后第 14 天正常发芽种子数 / 供试种子数 × 100%, 试验中霉烂的种子用 95% 酒精消毒后放回原处继续观察, 严重霉烂的种子将其挑出, 避免感染其他种子, 并将其记录为未发芽种子^[19];

发芽势 (%) = 置床后第 7 天正常发芽种子数 / 供试种子数 × 100%^[19];

盐害指数 (%) = (对照发芽率 - 处理发芽率) / 对照发芽率 × 100%^[20];

发芽指数 $GI = \sum(n/d)$, 式中 GI 为发芽指数, d 为从播种起计算的天数, n 为相应各日正常发芽种子数^[20], GI 越大, 发芽速度越快, 活力越高。

活力指数 $VI = GI \times S$, 式中 VI 为活力指数, S 为幼苗平均长 (mm)^[20], VI 是种子发芽速率和生长量的综合反映, 可以更好地反映种子活力。

1.3 数据分析

数据统计分析使用 SPSS 20.0 软件进行, 多重比较采用 SSR 法, 使用 Microsoft Excel 2010 作图。

2 结果

2.1 复合盐碱处理对不同品种发芽情况的影响

图 1 为计数期内云烟 87 的发芽情况。小于 0.4% 的复合盐碱处理的种子发芽情况较对照差异较小; 0.6% 处理在计数 5 d 后, 发芽数目最高达到 95, 但是出苗完全之后开始出现变黄甚至枯死腐烂的幼苗, 导致发芽率的下降; 0.8% 处理的最高发芽数目较对照没有显著差别, 但相比 0.6% 处理, 其发芽势头受到了抑制且出苗之后腐烂情况更严重; 1.0% 处理的发芽规律与 0.8% 处理相似, 均在发芽后第 5 天达到最大发芽数目, 继而下降, 但抑制效果较 0.8% 处理更明显。从图 1 可知, 高盐碱浓度不仅降低了云烟 87 的种子发芽率且对幼苗有强烈抑制作用。

复合盐碱处理下 K326 计数期内的发芽情况如图 2, 其发芽趋势与云烟 87 相似, 但整体的前期发芽数目均高于云烟 87。低盐碱处理 (0.2%、0.4%) 与对照无显著差异, 发芽情况良好; 0.6% 处理前期出苗正常且发芽迅速, 计数第 4 天的发芽数目高达 97, 但在后期逐渐出现因盐碱胁迫死亡的幼苗; 0.8% 处理的 K326 种子前期出苗缓慢, 但仍达到了较高的发芽率, 盐碱处理并未对其最高发芽数目造成影响, 但高盐碱极大抑制了幼苗的正常生长, 随计数时间的推延大量萌发后的幼苗死亡; 1.0% 的高盐碱处理不仅抑制了 K326 发芽, 且延长了其发芽时间, 后期同 0.8% 处理相似, 出现大量萌发后死亡幼苗, 表现出强烈的胁迫表征。

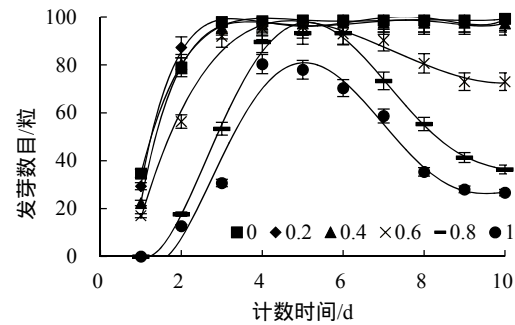


图 1 复合盐碱处理下云烟 87 的发芽情况

Fig. 1 The effect of saline-alkali stresses on the germination of Yunyan87

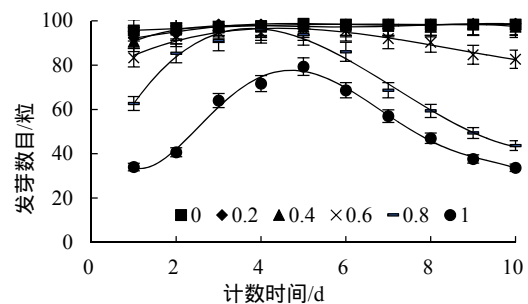


图 2 复合盐碱处理下 K326 的发芽情况

Fig. 2 The effect of saline-alkali stresses on the germination of K326

图 3 为计数期内红花大金元发芽情况, 可以看到小于 0.4% 的盐碱处理长势相近, 发芽情况较对照未受到明显抑制, 甚至 0.4% 处理第 1 天的发芽数目显著高于对照, 即 0.4% 的盐碱处理一定程度上缩短了发芽时间; 大于 0.6% 的中高盐碱处理对种子产生

了抑制作用，随着盐碱浓度的增大，各个处理的最大发芽数目依次减小，且达到最大发芽数目的时间逐渐增大，说明中高浓度的盐碱不仅抑制了红花大金元的发芽率，还延缓了种子的发芽时间。此外，0.6%、0.8%及 1.0%处理的发芽曲线在下降阶段的斜率依次增大，说明中高盐碱浓度对萌发后红花大金元的抑制作用呈正相关。

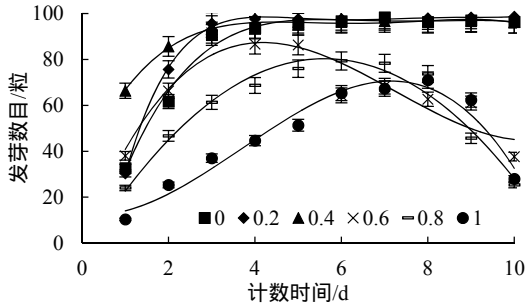


图3 复合盐碱处理下红花大金元的发芽情况

Fig. 3 The effect of saline-alkali stresses on the germination of Hongda

复合盐碱处理下云烟 97 的发芽情况如图 4 所示，去离子水和低浓度处理前期发芽均表现良好，且 0.4%处理前 3 d 的发芽数目显著高于对照，说明低盐碱处理对其发芽有一定促进作用；0.6%处理前期萌发数目略低于低浓度处理，发芽数目最大时达到 91，后期出现部分萌发后死亡的非正常幼苗；0.8%处理与 0.6%处理相似，但萌发后第 6 天起，盐碱处理对其抑制作用更强烈；1.0%的高盐碱处理严重抑制了云烟 97 的发芽且造成发芽不整齐，每日的发芽数目均显著低于其他处理。

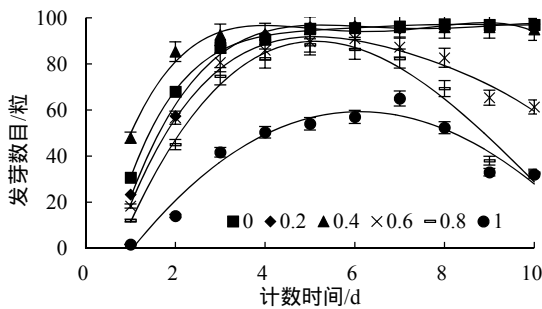


图4 复合盐碱处理下云烟 97 的发芽情况

Fig. 4 The effect of saline-alkali stresses on the germination of Yunyan97

图 5 为中烟 100 的发芽情况，其发芽过程较为平缓，但每日发芽数目随盐碱浓度的升高而下降。0.2%的低盐碱处理对中烟 100 的发芽率没有显著影响，但延缓了发芽时间；0.4%、0.6%处理的萌发情况在计数前期与 0.2%相似，0.4%的发芽率较对照降低了 21%，但盐碱处理对萌发后的种子毒害作用不明显，而 0.6%处理在计数第 7 天造成大量幼苗死亡，发芽率仅有 58%；0.8%和 1.0%处理对中烟 100 的抑制作用非常明显，后期虽没有出现幼苗腐烂的情况，但一直保持在较低的发芽水平上，并且抑制作用随浓度增大而增大。

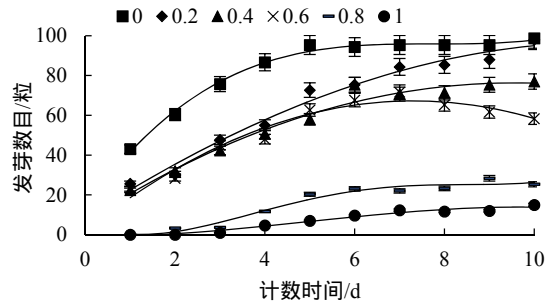


图5 复合盐碱处理下中烟 100 的发芽情况

Fig. 5 The effect of saline-alkali stresses on the germination of Zhongyan100

2.2 复合盐碱处理对不同品种盐害率的影响

从表 1 可知，云烟 87 和中烟 100 的盐害率随复合盐碱浓度增大而增大，低浓度盐碱处理时影响较小，低于 0.4%的复合盐碱处理未对云烟 87 的盐害率造成显著差异，而各浓度盐碱处理均造成中烟 100 的盐害率差异显著。K326、红花大金元和云烟 97 的相对盐害率在 0.2%的低盐碱处理下较对照有所减小，但尚未达到显著水平。其中 K326 表现出较好的耐盐碱性，0.6%复合盐碱处理下的盐害率低于其他品种，仅为 15.93%，而中烟 100 的耐盐碱性较差，在盐碱浓度为 1.0%时其相对盐害率达到了 84.80%。整体而言，低于 0.4%的盐碱浓度对种子盐害率影响不大，高盐碱胁迫下造成的盐害率较高，K326 的耐受性较好，云烟 97 次之，中烟 100 受盐碱胁迫影响较大。

2.3 复合盐碱处理对不同品种发芽势及发芽指数的影响

由表 1 可知，在不同浓度的复合盐碱处理下，云烟 87 和中烟 100 的发芽势均低于对照，发芽势和发芽指数均随复合盐碱浓度的升高呈下降趋势，中烟 100 的降幅尤为显著，红花大金元的发芽势在高浓度时，处理间才表现出显著性差异。在低浓度盐碱处理下，红花大金元、K326 和云烟 97 的发芽势较对照略有升高。对比各个品种的发芽指数，红花大金元在低浓度（0.2%、0.4%）盐碱处理下较对照增大，0.6%之后逐渐降低。0.4%处理下 K326 的发芽指数较对照有所升高，而其他品种的发芽指数均随盐碱浓度增大而下降。

表 1 复合盐碱处理对不同品种种子发芽势、发芽指数及盐害率的影响

Table 1 The effect of different tobacco varieties on germination viability, index and salt-injury rate under saline-alkali stresses

品种	浓度处理/%	发芽势/%	发芽指数	盐害率/%
云烟 87	0.0	98.00±1.00a	99.10±0.24a	—
	0.2	97.33±1.15a	99.00±0.81a	0.67±0.58c
	0.4	95.67±2.08a	95.71±2.28a	2.01±0.58c
	0.6	92.00±3.00a	83.58±1.77b	26.51±10.51b
	0.8	53.33±7.37a	58.53±2.12c	63.42±8.56a
	1.0	30.67±3.06b	44.57±5.34d	73.15±6.55a
K326	0.0	97.00±1.00a	92.65±7.19ab	—
	0.2	98.33±0.58a	89.97±9.64ab	-0.34±1.17b
	0.4	98.00±1.00a	99.85±2.92a	1.01±1.55b
	0.6	95.00±2.65a	78.68±5.37b	15.93±6.77b
	0.8	91.00±3.46a	67.83±2.38c	55.59±4.31a
	1.0	64.00±8.72b	41.71±1.28d	65.76±8.53a
红花大金元	0.0	90.67±6.66a	93.04±12.37ab	—
	0.2	95.67±4.04a	96.83±11.04ab	-2.43±2.40b
	0.4	94.33±2.52a	104.27±3.09a	0.00±3.34b
	0.6	91.67±2.08a	77.43±16.60bc	60.90±9.81a
	0.8	61.33±15.89b	64.88±12.71cd	73.70±8.71a
	1.0	37.00±1.00c	48.23±2.45d	70.93±7.27a
云烟 97	0.0	87.00±7.81ab	79.45±7.19a	—
	0.2	89.67±2.52ab	78.44±9.64a	-0.34±2.15c
	0.4	92.67±3.79a	72.99±2.92a	2.06±5.15c
	0.6	80.67±9.07bc	62.96±5.37b	36.77±2.34b
	0.8	74.67±3.21c	55.69±2.38c	66.32±4.65a
	1.0	41.67±1.53d	40.83±1.28d	67.01±3.72a
中烟 100	0.0	75.67±13.6a	91.32±4.80a	—
	0.2	47.67±4.16b	68.03±2.88b	0.68±1.75e
	0.4	18.67±5.01bc	59.82±4.11c	21.96±7.30d
	0.6	26.67±3.74c	56.35±4.01c	40.88±7.74c
	0.8	3.67±1.52c	15.03±3.33d	74.33±4.57b
	1.0	1.00±1.00c	6.56±1.73e	84.80±2.68a

注：同列数据后小写字母不同表示组间差异显著(P < 0.05)，下同。

由此可知，不同浓度的盐碱处理对发芽率、发芽势和发芽指数的影响不同，除中烟 100 外，盐碱处理对其他品种发芽率的影响均小于发芽势和发芽指数，即盐碱处理对中烟 100 的发芽率、发芽势和种子活力影响较大，而对其他品种发芽率的影响小于对发芽时间的延缓。从发芽指数的显著性差异分析可知，盐碱处理对所有烟草品种的种子活力均有较大影响，特别是高浓度盐碱抑制烟草种子发芽。

2.4 复合盐碱处理对不同品种活力指数及单粒鲜干重的影响

从表 2 可以看到，各品种的种子活力指数均随盐碱浓度的增加而下降，但是不同品种间有所差异。

表 2 复合盐碱处理对种子活力指数及鲜干质量的影响

Table 2 The effect of different tobacco varieties on vitality index, dry and fresh matter per plant under saline-alkali stresses

品种	浓度处理/%	活力指数	鲜重/(mg·株 ⁻¹)	干重/(mg·株 ⁻¹)
云烟 87	0.0	609.45 ± 1.50a	0.77 ± 0.11a	0.18 ± 0.02a
	0.2	254.44 ± 2.09c	0.54 ± 0.08b	0.13 ± 0.03ab
	0.4	264.17 ± 6.29b	0.55 ± 0.10b	0.11 ± 0.01abc
	0.6	158.80 ± 3.37d	0.26 ± 0.16c	0.06 ± 0.02bc
	0.8	80.18 ± 2.90e	0.09 ± 0.00d	0.05 ± 0.05bc
	1.0	53.93 ± 6.46f	0.07 ± 0.02d	0.03 ± 0.10c
K326	0.0	819.56 ± 4.83a	0.79 ± 0.16a	0.28 ± 0.02a
	0.2	262.24 ± 3.89b	0.67 ± 0.01a	0.23 ± 0.02ab
	0.4	221.51 ± 2.22c	0.53 ± 0.07b	0.12 ± 0.03bc
	0.6	162.35 ± 4.44d	0.23 ± 0.07c	0.10 ± 0.03bc
	0.8	122.63 ± 11.25e	0.09 ± 0.00d	0.03 ± 0.17c
	1.0	81.52 ± 4.46f	0.07 ± 0.01d	0.02 ± 0.04c
红花大金元	0.0	817.83 ± 18.72a	0.81 ± 0.18a	0.18 ± 0.02a
	0.2	300.17 ± 34.22b	0.77 ± 0.08a	0.09 ± 0.04b
	0.4	232.52 ± 6.90b	0.72 ± 0.12a	0.09 ± 0.02b
	0.6	119.24 ± 25.57c	0.22 ± 0.08b	0.09 ± 0.00b
	0.8	94.08 ± 18.43c	0.18 ± 0.07b	0.05 ± 0.02b
	1.0	61.73 ± 3.14c	0.06 ± 0.01b	0.04 ± 0.04b
云烟 97	0.0	168.62 ± 13.09a	0.64 ± 0.15a	0.15 ± 0.02a
	0.2	147.55 ± 15.81b	0.55 ± 0.06a	0.10 ± 0.01b
	0.4	120.81 ± 3.53c	0.48 ± 0.12a	0.08 ± 0.02bc
	0.6	111.73 ± 7.62c	0.23 ± 0.10b	0.10 ± 0.01b
	0.8	87.49 ± 3.07d	0.18 ± 0.10bc	0.06 ± 0.00c
	1.0	60.89 ± 1.87e	0.06 ± 0.01c	0.04 ± 0.02c
中烟 100	0.0	166.20 ± 8.74a	0.30 ± 0.20a	0.06 ± 0.04a
	0.2	111.57 ± 4.73b	0.38 ± 0.03a	0.08 ± 0.02a
	0.4	72.38 ± 4.98c	0.23 ± 0.06ab	0.06 ± 0.00a
	0.6	80.02 ± 5.70c	0.20 ± 0.11ab	0.05 ± 0.01a
	0.8	19.39 ± 4.30d	0.09 ± 0.01b	0.05 ± 0.02a
	1.0	9.58 ± 2.52e	0.07 ± 0.01b	0.03 ± 0.02a

低盐碱浓度下,云烟 97 的种子活力指数变化较为平稳,同其他品种一样,较对照呈显著下降趋势,说明低浓度盐碱对种子的活力也有抑制作用,但是云烟 87 在 0.4%处理下的活力指数显著高于 0.2%处理。此外,不同品种对高盐碱的耐受力也不尽相同。所有品种活力指数在高盐碱处理下均随浓度增大而下降,其中红花大金元、云烟 97 和中烟 100 差异不明显,而 K326 的活力指数随盐碱浓度增大呈阶梯状减少且每个处理间存在显著差异,即 K326 易受盐碱的影响,但是在同浓度情况下,其整体表现良好,仍然优于其他品种。当盐碱浓度达到 0.8%时,所有供试品种种子的活力指数均急速下降,高浓度盐碱的抑制作用凸显。

分析表 2 的各品种单粒鲜干重可知,盐碱处理严重抑制了各个品种的干物质积累。除中烟 100 的单粒鲜干重在 0.2%的低浓度盐碱处理下较对照有所增长,其他品种的物质积累情况均随盐碱浓度的增大而降低。

3 讨 论

种子在萌发阶段受到盐碱胁迫通常会导致种子发芽不齐^[21],在盐胁迫下表现出的耐盐性受多基因控制,单一指标难以全面客观地反映植物真实的耐盐性^[22]。因此,只有通过多重指标综合评价分析才能准确反映其耐盐性。相关研究表明发芽势、发芽指数、活力指数等发芽相关指标与耐盐性显著相关^[14]。本试验表明,低浓度盐碱不同程度地提高了 K326、红花大金元和云烟 97 的发芽率、发芽势和发芽指数,龚理^[14]认为低浓度的盐胁迫可刺激烤烟幼苗生长是对盐胁迫下的适应性反应,使用 0.3%NaCl 溶液处理 K326 的幼苗,其株高、叶片数、鲜重及干重都有所提高。本试验中所有品种在 0.6%处理后期都表现出轻微抑制作用,0.8%和 1.0%的高盐碱处理则严重抑制了种子发芽。颜宏等^[23]通过对碱地肤种子的萌发试验也得到了类似的结论。

一般认为高盐碱对种子发芽的抑制作用主要由外界的高渗透压导致种子吸水不足引起的^[24],中性盐 NaCl 和 Na₂SO₄ 的胁迫作用因素主要是以 Na⁺

为主的离子效应和高浓度盐分造成水势下降的渗透效应,既有 Na⁺的离子伤害又有高浓度所形成渗透胁迫带来的生理干旱,而碱性盐 NaHCO₃ 则在盐碱胁迫的基础上额外附加 pH 胁迫^[6]。但刘杰等^[25]提出盐浓度是影响水势的主要因素,尽管碱胁迫具有高 pH,但是相同浓度的盐胁迫与碱胁迫水势差异并不大。高战武等^[26]通过调整复合盐碱胁迫的碱性盐比例与整体盐浓度,燕麦种子表现出的发芽率、发芽势的方差分析结果也证实了这一观点。此外,也有学者推测是盐胁迫引起 α-淀粉酶活性降低导致种子萌发受阻^[27]。但本试验中 K326 和云烟 87 在高盐碱处理下计数 5 d 时发芽率在 90%左右,但随着盐碱处理时间的延长,萌发后的种子大量死亡,计数 10 d 时发芽率仅在 30%左右。由此认为,盐碱胁迫在萌发时期的抑制作用不是影响 K326 和云烟 87 出苗的主要因素。发芽之后,破除种皮的保护之后的种子更易受到盐碱的胁迫,其抑制主要表现在渗透胁迫、离子毒害和离子吸收的不平衡方面^[28]。

不同品种在盐碱条件下的萌发差异可能与种子的休眠性有关,种子休眠程度因种子质量不同而不同^[29]。即使来源于同一品种,不同植株的烤烟种子抗逆性也会与自身生物学特性(种子的大小、成熟度等)和母本植株的生存环境密切相关。此外,韩朝红等^[30]发现同一品种在发芽期和幼苗期的耐盐性存在一定差异,即相同条件下不同品种间的发芽指标对于品种的耐盐性的判断存在一定局限性,还需要对大田生长期的耐盐性展开进一步的试验。

4 结 论

综上所述,可以得到以下结论:(1)低浓度的复合盐碱促进部分烤烟品种(K326、红花大金元、云烟 97)发芽,提高部分烤烟品种(中烟 100)的鲜干物质积累,0.6%的盐碱浓度是所有供试烟草种子的初始胁迫浓度,而高浓度的盐碱溶液对供试品种的萌发均有强烈的抑制作用。

(2)不同品种对于盐碱的耐受力不同。在低盐碱(0.2%、0.4%)条件下,红花大金元、云烟 87 和 K326 各指标表现相近且良好,云烟 97 次之,中

烟 100 较差；中盐碱（0.6%）条件下，K326 和云烟 87 各指标均表现较好，云烟 97 次之，红花大金元和中烟 100 的种子活力差异较小，但红花大金元发芽率较低，而中烟 100 发芽缓慢；在高盐碱（0.8%、1.0%）条件下，各个品种的发芽状况好坏为：K326>云烟 97>云烟 87>红花大金元>中烟 100。

参考文献

- [1] 刘凤歧, 刘杰淋, 朱瑞芬, 等. 4 种燕麦对 NaCl 胁迫的生理响应及耐盐性评价[J]. 草业学报, 2015, 24(1): 183-189.
- [2] 杜新民, 吴忠红, 张永清, 等. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 78-80.
- [3] 叶协锋. 河南省烟草种植生态适宜性区划研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2011.
- [4] 赵莉. 湖南植烟土壤盐分表聚及其调控措施研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [5] 朱贵明, 何命军, 石屹, 等. 对我国烟草肥料研究与开发工作的思考[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(1): 19-20.
- [6] 蔺吉祥, 高战武, 王颖, 等. 盐碱胁迫对紫花苜蓿种子发芽的协同影响[J]. 草地学报, 2014, 22(2): 312-318.
- [7] 时向东, 刘国顺, 陈江华, 等. 烟草漂浮育苗系统中培养基质对烟苗生长发育影响的研究[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(1): 18-22.
- [8] 徐发华, 单沛祥, 李文壁, 等. 基质盐渍化对漂浮育苗的影响[J]. 烟草科技, 2003(2): 40-42.
- [9] UDDIN M K, JURAIMI A S, ISMAIL M R, et al. Growth response of eight tropical turfgrass species to salinity[J]. African Journal of Biotechnology, 2009, 8(21): 5799-5806.
- [10] 刘文奇, 陈旭君, 徐晓晖, 等. ERF 类转录因子 OPBP1 基因的超表达提高烟草的耐盐能力[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2002, 28(6): 473-478.
- [11] 孙卫红, 李风, 束德峰, 等. 转番茄正义抗坏血酸过氧化物酶基因提高烟草耐盐能力[J]. 中国农业科学, 2009, 42(4): 1165-1171.
- [12] 王程栋, 王树声, 胡庆辉, 等. NaCl 胁迫对烤烟叶肉细胞超微结构的影响[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(2): 57-61.
- [13] 胡庆辉. 盐与干旱胁迫诱导烤烟叶片细胞程序性死亡及多酚含量变化的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [14] 龚理. 烟草品种耐盐性指标筛选及综合评价[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [15] HAILI M I, XING X U, YAQIN M A, et al. Study on salt-tolerance of wheat varieties[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(1): 134-138.
- [16] 王奉斌, 张燕红, 袁杰, 等. 新疆耐盐水稻种质资源的筛选[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(3): 501-505.
- [17] 彭振, 何守朴, 孙君灵, 等. 陆地棉苗期耐盐性的高效鉴定方法[J]. 作物学报, 2014, 40(3): 476-486.
- [18] 郭亚利. 烤烟根系分泌物和提取物对幼苗生长及土壤酶活性的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [19] 国家烟草专卖局. YC/T20—1994 烟草种子检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [20] 张国伟, 路海玲, 张雷, 等. 棉花萌发期和苗期耐盐性评价及耐盐指标筛选[J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2045-2053.
- [21] 潘晓曦, 谢留杰, 陈剑, 等. 盐胁迫下杂交水稻种子发芽特性及耐盐性评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(21): 75-79.
- [22] 吐尔逊娜, 高辉远. 8 种牧草耐盐性综合评价[J]. 中国草地学报, 1995(1): 30-32.
- [23] 颜宏, 矫爽, 赵伟, 等. 不同大小碱地肤种子的萌发耐盐性比较[J]. 草业学报, 2008, 17(2): 26-32.
- [24] ALFOCEA F P, BOLARÍN M C. Response of tomato cultivars to salinity[J]. Plant & Soil, 1993, 150(2): 203-211.
- [25] 刘杰, 张美丽, 张义, 等. 人工模拟盐、碱环境对向日葵种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1818-1825.
- [26] 高战武, 蔺吉祥, 邵帅, 等. 复合盐碱胁迫对燕麦种子发芽的影响[J]. 草业科学, 2014, 31(3): 451-456.
- [27] 杨秀玲, 郁继华, 李雅佳, 等. NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(1): 6-9.
- [28] CAINES A M, SHENNAN C. Interactive effects of Ca²⁺ and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca²⁺ use efficiency[J]. Plant Physiology & Biochemistry, 1999, 37(7-8): 569-576.
- [29] 孙群, 王建华, 孙宝启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 48-53.
- [30] 韩朝红, 孙谷畴, 林植芳. NaCl 对吸胀后水稻的种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 植物生理学报, 1998(5): 339-342.