

邹声浩,刘欢,邵兰军,等.聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟生理特性及化学成分的影响[J].江苏农业科学,2024,52(23):87-93.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.23.012

# 聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施 对干旱胁迫下烤烟生理特性及化学成分的影响

邹声浩<sup>1</sup>,刘欢<sup>2</sup>,邵兰军<sup>3</sup>,贺帅<sup>4</sup>,魏晓凯<sup>1</sup>,席飞虎<sup>1</sup>,罗东升<sup>1</sup>,景延秋<sup>1</sup>,张学伟<sup>3</sup>,喻奇伟<sup>4</sup>

(1.河南农业大学烟草学院,河南郑州 450002; 2.河南中烟工业有限公司技术中心,河南郑州 450000;

3.广东中烟工业有限责任公司,广东广州 510599; 4.贵州省烟草公司毕节市公司,贵州毕节 551799)

**摘要:**以烤烟品种云烟 87 为试验对象,探究施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾对干旱胁迫下烤烟生理特性及化学成分的影响。试验共设置 4 个处理,即对照处理(CK,20% PEG-6000+清水 50 mL/株)、T1 处理(20% PEG-6000+聚谷氨酸 50 mL/株)、T2 处理(20% PEG-6000+磷酸二氢钾 50 mL/株)、T3 处理(20% PEG-6000+聚谷氨酸+磷酸二氢钾配施 50 mL/株)。考察不同时段聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施提高干旱胁迫下烤烟根系活力、抗氧化性能和光合特性等多项生理生化指标和常规化学成分以及中性香味物质等化学指标的效果。结果表明,与对照相比,施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾后,烤烟的抗氧化酶活性发生改变,二者配施能显著提升过氧化物酶的活性,降低超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性;可溶性蛋白含量、根系活力和光合特性得到较为显著的提升;同时降低烤烟中 MDA 含量,显著增加烤烟常规化学成分和中性致香成分含量,使大多常规化学成分处于适宜范围内,叶绿素降解产物相比于其他中性致香成分含量的提升更为显著。干旱胁迫下,配施聚谷氨酸和磷酸二氢钾能有效缓解干旱胁迫对烤烟造成的影响,对烤烟生理特性和化学成分含量的提升有着促进作用。

**关键词:**聚谷氨酸;磷酸二氢钾;干旱胁迫;生理特性;化学成分

**中图分类号:**S572.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)23-0087-06

烟草的大多生理活动都有水分的参与,干旱和高温是影响烟草水分吸收的重要因素。干旱胁迫是指植物吸水量小于植物体耗水量时,植物体的生长发育和生命活动受到影响的现[1]。烟草在生长期需要大量的水分,夏季的高温少雨天气常常导致季节性干旱,易对烟草的生长发育和品质产生影响。

聚谷氨酸是含有氨基酸和大量、微量元素的水溶性物质,在农业上常作为肥料增效剂[2],能对肥料产生缓释作用。研究表明,喷施聚谷氨酸能提高

植物对氮、磷、钾以及微量元素的吸收[3];同时,聚谷氨酸也是重要的渗透调节物质,在干旱胁迫下,能维持植物体细胞渗透压稳定,促进叶绿素合成,提高生物酶活性,从而提升植物体的抗旱能力[4-5],且对土壤和生态系统影响较小[6]。磷酸二氢钾( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )在农业上常用作复合肥料,所含的磷、钾元素是植物生长过程中所必需的元素,可以有效提高植物抗逆性[7],同时与烟叶的化学品质息息相关[8]。目前关于聚谷氨酸和磷酸二氢钾在烤烟上的施用效果均有一定研究[9-10],但关于 2 种物质配施对干旱胁迫下烤烟生长发育和品质的影响,国内外鲜有报道。本试验采用一定浓度的聚谷氨酸和磷酸二氢钾在模拟干旱条件下对烤烟进行叶面喷施,探究其对烤烟抗旱性的影响,为干旱胁迫下烤烟生理特性及化学成分的改善研究提供一定的参考和数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验选用烤烟品种云烟 87 为研究材料。供试土壤为褐土,pH 值为 7.05,有机质含量为 14.65 g/kg,

收稿日期:2023-11-21

基金项目:广东中烟工业有限责任公司科技项目(编号:2022440000340004);贵州省烟草公司毕节市公司科技项目(编号:2024520500240067)。

作者简介:邹声浩(1999—),男,河南濮阳人,硕士研究生,研究方向为烟草生理生化,E-mail:3235271728@qq.com;共同第一作者:刘欢(1988—),男,河南新乡人,博士,教授,研究方向为烟草加工,E-mail:liu\_huan2012@hotmail.com。

通信作者:景延秋,博士,教授,博士生导师,研究方向为烟草化学,E-mail:jingyanqiu72J@163.com;张学伟,硕士,高级农艺师,研究方向为烟草原料,E-mail:1261206310@qq.com;喻奇伟,硕士,高级农艺师,研究方向为烟叶生产技术与推广,E-mail:ycs327@126.com。

碱解氮、速效钾、有效磷含量分别为 73.95、133.16、8.92 mg/kg。聚乙二醇(PEG-6000)购于国药集团化学试剂有限公司;聚谷氨酸和磷酸二氢钾购于中诚国联(河南)生物科技有限公司。

## 1.2 试验设计与处理

试验于 2022 年 4 月在河南农业大学试验田进行,选取大小均匀一致、籽粒饱满的种子,用 2% 的 NaClO 消毒 10 min,再用自来水冲洗约 15 min 后,用 30 ℃ 左右的蒸馏水浸泡 8 h,然后在育苗盘中进行发芽,待烟苗长至 4 张叶时,选取长势相差不多的幼苗进行移栽。试验用肥料主要为烟草专用复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 10%、8%、22%),将农家腐熟肥与烟草专用复合肥混合后用作基肥,施用量约 150 kg/667 m<sup>2</sup>,移栽 15 d 后追施复合肥 9 kg/667 m<sup>2</sup>,移栽 30 d 后追施复合肥 13 kg/667 m<sup>2</sup>,各处理施肥量一致。

试验采用单因素随机区组设计,共设置 4 个处理(表 1),每个处理 1 个小区,每个小区面积为 66.7 m<sup>2</sup>,田间管理按照当地标准执行。移栽缓苗 7 d 后,用 20% 聚乙二醇模拟干旱胁迫进行试验,处理时间为 7 d,干旱处理结束后,使用 0.2% 的聚谷氨酸和磷酸二氢钾对烤烟进行叶面喷施(叶片正背面均匀喷施),喷施时间选择在 16:00 以后,每隔 15 d 喷施 1 次。于移栽后 45 d 和 90 d 取自上而下第 13~15 张叶片进行各项生理指标的测定,每个处理测定 10 株。取初烤后 C2F 等级烟叶进行常规化学成分和中性致香成分分析。

表 1 试验处理与方法

序号	处理
CK	干旱处理(PEG-6000)+喷施清水 50 mL/株
T1	干旱处理(PEG-6000)+施用 0.2% 聚谷氨酸 50 mL/株
T2	干旱处理(PEG-6000)+施用 0.2% KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 50 mL/株
T3	干旱处理(PEG-6000)+(0.2% 聚谷氨酸和 0.2% KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )配施各 50 mL/株

## 1.3 试验指标

根系活力采用 2,3,5-三苯基氯化四氮唑(TTC)法<sup>[11]</sup>进行测定;过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性分别采用北京索莱宝科技有限公司生产的检测试剂盒进行测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)法进行测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝-G-250 染色法<sup>[12]</sup>进行测定。

采用光合特性测定仪(Li-6400,美国 LI-COR

公司)在晴天 09:00—11:00 时段测定烟叶净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )等光合特性指标。

选取烤后 C2F 等级烟叶,烘干后去除烟叶主脉,磨粉后过 60 目筛,测定烤烟常规化学成分含量<sup>[13-17]</sup>;采用同时蒸馏萃取法进行前处理<sup>[18]</sup>,色谱条件参照代晓燕等的方法<sup>[19]</sup>,测定烤后烟叶中性香味物质含量。

## 1.4 数据处理

试验数据用 Excel 进行整理,用 SPSS 27 进行数据统计分析和相关性分析,用 Origin 2021 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟根系活力和可溶性蛋白含量的影响

由图 1 可知,施用 2 种物质均可提升烤烟的根系活力。不同时段烤烟根系活力均表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK 处理,其中喷施磷酸二氢钾效果优于喷施聚谷氨酸,但低于两者配施。在移栽后 45、90 d,与 CK 处理相比,T1~T3 处理的根系活力提升幅度分别为 12.22%~36.89%、9.27%~28.86%。聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对根系活力的提升效果大于单独施用其中一种物质,磷酸二氢钾对根系活力的提升效果略优于聚谷氨酸,且随着时间的增加,2 种物质对于烤烟根系活力的提升效果减弱。

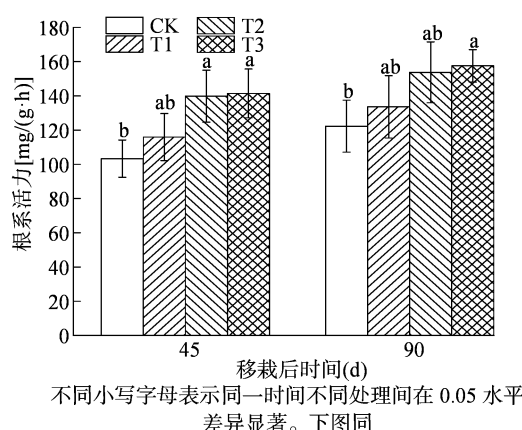


图 1 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟根系活力影响

由图 2 可知,相比 CK 处理,在移栽后 45、90 d,其他处理烤烟中的可溶性蛋白含量有所提升,表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK 处理,单独施用磷酸二氢钾和聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施相比于单独施用聚谷氨酸效果更为显著。相比于 CK 处

理,在移栽后 45 d,单独施用聚谷氨酸的烤烟可溶性蛋白含量提升 13.54%,而单独施用磷酸二氢钾和聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施分别提升 66.67% 和 78.13%;在移栽后 90 d,T1、T2、T3 处理则分别提升 21.78%、96.04% 和 102.97%。移栽后 90 d,T2、T3 处理的可溶性蛋白含量相比移栽后 45 d 的提升比例均在 20.46% 以上,而 T1 处理提升 13.89%。由此可见,随着时间的延长,2 种物质增加干旱胁迫下烤烟可溶性蛋白含量的效果逐渐提升,说明这 2 种物质均对干旱胁迫下烤烟可溶性蛋白含量提升有一定效果。

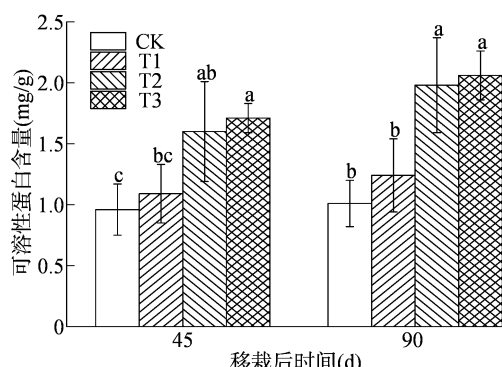


图2 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟可溶性蛋白含量的影响

## 2.2 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟抗氧化性能的影响

由图 3 可知,聚谷氨酸和磷酸二氢钾处理后,烤

烟的抗氧化酶活性有着不同程度的变化。与 CK 处理相比,T1 处理的烟叶抗氧化酶活性均降低,其中 CAT 活性受到的影响最大,在移栽后 45、90 d 分别降低 17.10% 和 16.98%;T2、T3 处理的烟叶 POD 活性均显著提高,其中 T3 处理的 POD 活性提升幅度约为 57.5%,T2 处理的提升幅度则为 37.7% 左右;SOD 活性只有 T2 处理有所提升,其余处理均降低。说明聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施有利于 POD 活性的提高,而对其他抗氧化酶活性没有提升效果。聚谷氨酸与磷酸二氢钾均能有效降低烤烟的 MDA 积累,其中磷酸二氢钾的降低效果优于聚谷氨酸。随着时间的增加,T2、T3 处理的 MDA 含量明显降低,结合 2 个时间段不同处理的 MDA 含量变化,干旱胁迫下,聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施或单独施用磷酸二氢钾,烤烟的 MDA 含量均得到有效降低;而单独施用聚谷氨酸,虽然相对于 CK 处理烤烟 MDA 含量有所下降,但随着时间的增加,MDA 依然会累积。综合来看,T3 处理为最佳处理。

## 2.3 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟生理指标相关性分析

由表 2 可知,烤烟在干旱胁迫下配施聚谷氨酸和磷酸二氢钾各生理指标之间存在一定的相关性。根系活力与 POD 活性和可溶性蛋白含量之间存在极显著正相关关系,而与 MDA 含量呈显著负相关;

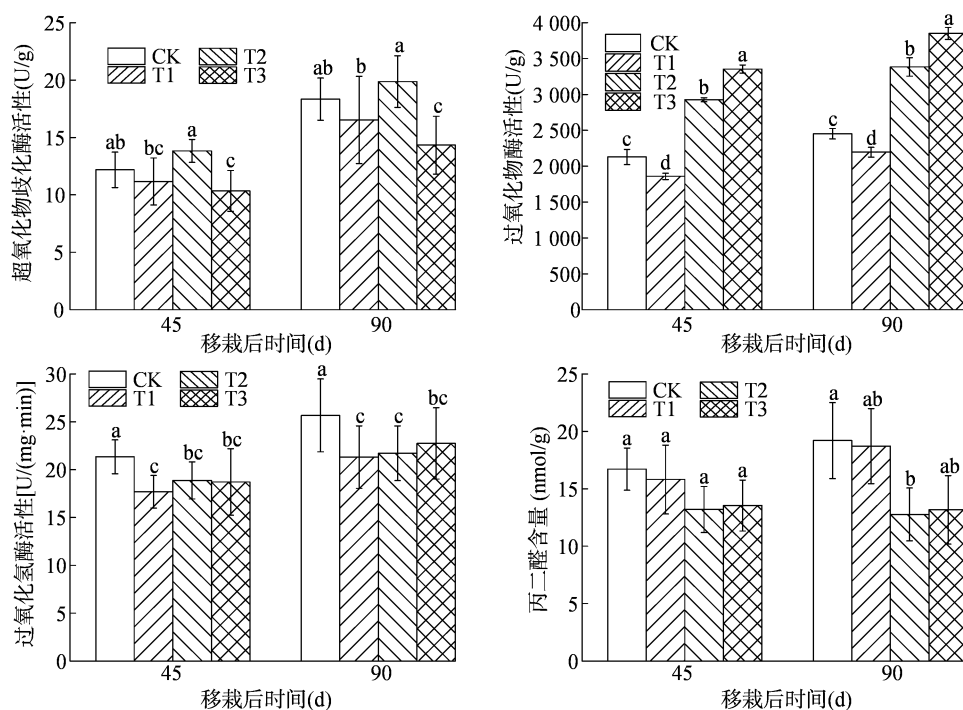


图3 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟抗氧化性能的影响

POD 活性与可溶性蛋白含量之间呈极显著正相关,而与 MDA 含量呈显著负相关;MDA 含量与可溶性蛋白含量呈显著负相关。随着时间的增加,根系活力、MDA 含量和可溶性蛋白含量之间的相关性减

弱,而 SOD 活性与 POD、MDA 活性和可溶性蛋白含量之间的相关性增强,表明抗氧化性能随着时间的增加越来越显著。

表 2 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟生理指标的相关系数

移栽后时间 (d)	指标	相关系数				
		根系活力	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性	MDA 含量
45	SOD 活性	0.055				
	POD 活性	0.843 **	-0.047			
	CAT 活性	-0.243	0.324	-0.020		
	MDA 含量	-0.770 **	0.202	-0.648 *	0.240	
	可溶性蛋白含量	0.954 **	0.025	0.921 **	-0.225	-0.642 *
90	SOD 活性	-0.400				
	POD 活性	0.722 **	-0.724 **			
	CAT 活性	-0.293	0.496	-0.066		
	MDA 含量	-0.177	0.846 **	-0.644 *	0.466	
	可溶性蛋白含量	0.689 *	-0.809 **	0.883 **	-0.437	-0.762 **

注:\*\*、\* 分别表示在 0.01、0.05 水平上显著相关。

#### 2.4 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟光合特性的影响

由表 3 可知,T2 处理的净光合速率明显低于其他处理。相较于 CK 处理,T1、T3 处理烤烟的净光合速率提高,其中 T3 处理的提升效果优于 T1 处理,在移栽后 45、90 d,T3 处理的净光合速率较 CK 处理分别提升 16.76%、13.20%,T2 处理的提升效果不显著。相较于 CK 处理,T2、T3 处理提升烤烟气孔导度的效果显著,其中 T3 处理气孔导度的提升幅度在 114.10%~131.18% 之间,波动不大,且随着时间的增加提升幅度降低,而 T2 处理的提升幅度在 38.46%~76.34% 之间,存在较大波动,且随着时间增加提升效果逐渐降低;T1 处理的气孔导度与 CK 处理相差不大,说明施用聚谷氨酸对气孔导度没有显著影响。不同处理烤烟胞间 CO<sub>2</sub> 浓度表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK 处理,说明单独施用 2 种物质或者 2 种物质配施都会导致胞间 CO<sub>2</sub> 浓度提升。不同处理烤烟蒸腾速率表现为 T3 处理>T1 处理>T2 处理>CK 处理,说明 2 种物质均可增加烤烟的蒸腾速率,其中单独施用聚谷氨酸的效果明显优于磷酸二氢钾。

#### 2.5 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟常规化学成分的影响

由表 4 可知,施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾后,烤烟的常规化学成分发生显著改变。与 CK 处理相

比,T2 处理提高还原糖、总氮含量的效果最佳,提升比例分别为 14.20%、52.48%;干旱胁迫下烟碱含量低于适宜范围(2.0%~3.0%),而施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾后,烟碱含量提升 26.26%~61.45%,其中 T3 处理烟碱含量提升最多;氯含量相比于 CK 处理平均提升 50% 以上,但除 T3 处理外,其他处理仍低于适宜范围(0.3%~0.6%);不同处理钾含量表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK 处理,干旱胁迫下钾含量低于适宜范围(>2%),施用 2 种物质后钾含量都有所增加,其中 T3 处理提升 33.16%,T2 处理提升 21.39%,T1 处理提升效果不显著;相比于 CK 处理,不同处理烤烟总糖含量的提升幅度在 5.29%~11.62% 之间,但只有 T3 处理的总糖含量处于适宜范围内(23%~29%)。

#### 2.6 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟中性致香成分的影响

由表 5 可知,施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾对烤烟的中性致香成分含量产生显著影响。不同处理烤烟叶绿素降解产物含量由大到小依次为 T3 处理>T1 处理>T2 处理>CK 处理,类胡萝卜素降解产物和棕色化产物均表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK 处理 T3 处理均显著提升了烤烟类西柏烷类产物、类胡萝卜素降解产物和棕色化产物含量,效果优于 T2 和 T3。相比于 CK 处理,叶绿素降解产物含量提高 3.25%~12.05%,类西柏烷类产物含

表 3 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟光合特性的影响

移栽后时间 (d)	处理	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	气孔导度 [ $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	蒸腾速率 [ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]
45	CK	$8.83 \pm 1.59\text{b}$	$0.93 \pm 0.19\text{c}$	$342.49 \pm 25.48\text{c}$	$2.78 \pm 0.76\text{b}$
	T1	$9.65 \pm 1.83\text{ab}$	$0.97 \pm 0.05\text{c}$	$374.19 \pm 21.18\text{bc}$	$4.17 \pm 0.75\text{ab}$
	T2	$7.36 \pm 2.23\text{b}$	$1.64 \pm 0.39\text{b}$	$412.97 \pm 30.68\text{b}$	$3.28 \pm 0.63\text{b}$
	T3	$10.31 \pm 2.34\text{a}$	$2.15 \pm 0.33\text{a}$	$475.44 \pm 30.72\text{a}$	$4.96 \pm 0.72\text{a}$
90	CK	$10.30 \pm 3.76\text{ab}$	$1.56 \pm 0.21\text{c}$	$411.35 \pm 37.08\text{b}$	$3.67 \pm 0.77\text{c}$
	T1	$11.45 \pm 2.69\text{a}$	$1.48 \pm 0.25\text{c}$	$445.15 \pm 34.24\text{ab}$	$5.19 \pm 0.78\text{ab}$
	T2	$8.87 \pm 1.87\text{b}$	$2.16 \pm 0.26\text{b}$	$485.84 \pm 38.06\text{ab}$	$4.10 \pm 0.75\text{bc}$
	T3	$11.66 \pm 2.70\text{a}$	$3.34 \pm 0.94\text{a}$	$513.22 \pm 50.56\text{a}$	$5.97 \pm 0.42\text{a}$

注:同列数据后不同小写字母表示同一时间不同处理间在 0.05 水平上差异显著。下表同。

表 4 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟常规化学成分的影响

处理	还原糖含量 (%)	烟碱含量 (%)	氯含量 (%)	钾含量 (%)	总糖含量 (%)	总氮含量 (%)
CK	$16.76 \pm 0.34\text{c}$	$1.79 \pm 0.15\text{c}$	$0.12 \pm 0.03\text{c}$	$1.87 \pm 0.11\text{c}$	$21.00 \pm 0.51\text{c}$	$1.41 \pm 0.08\text{c}$
T1	$17.89 \pm 0.87\text{b}$	$2.26 \pm 0.23\text{b}$	$0.18 \pm 0.03\text{bc}$	$2.04 \pm 0.12\text{bc}$	$22.11 \pm 0.39\text{b}$	$1.46 \pm 0.10\text{c}$
T2	$19.14 \pm 0.49\text{a}$	$2.59 \pm 0.23\text{b}$	$0.24 \pm 0.04\text{ab}$	$2.27 \pm 0.29\text{ab}$	$22.68 \pm 0.37\text{ab}$	$2.15 \pm 0.10\text{a}$
T3	$18.46 \pm 0.29\text{ab}$	$2.89 \pm 0.49\text{a}$	$0.31 \pm 0.06\text{a}$	$2.49 \pm 0.16\text{a}$	$23.44 \pm 0.58\text{a}$	$1.96 \pm 0.10\text{b}$

表 5 聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施对干旱胁迫下烤烟中性致香成分的影响

处理	叶绿素降解 产物含量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	类西柏烷类 产物含量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	类胡萝卜素降解 产物含量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	类苯丙氨酸类代谢 产物含量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	棕色化产物含量 ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	其他致香物质含量 ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )
CK	$661.29 \pm 34.18\text{b}$	$14.35 \pm 1.26\text{c}$	$62.73 \pm 3.92\text{d}$	$9.43 \pm 1.71\text{b}$	$10.71 \pm 1.29\text{b}$	$2.81 \pm 0.11\text{c}$
T1	$712.75 \pm 7.39\text{ab}$	$16.30 \pm 0.41\text{b}$	$73.27 \pm 2.24\text{c}$	$11.45 \pm 0.99\text{ab}$	$11.03 \pm 0.78\text{b}$	$2.91 \pm 0.19\text{c}$
T2	$682.78 \pm 25.95\text{b}$	$15.17 \pm 0.45\text{bc}$	$81.28 \pm 1.76\text{b}$	$12.70 \pm 0.33\text{a}$	$12.26 \pm 0.59\text{ab}$	$3.45 \pm 0.07\text{b}$
T3	$740.96 \pm 28.73\text{a}$	$18.46 \pm 0.97\text{a}$	$88.17 \pm 2.08\text{a}$	$10.72 \pm 0.62\text{ab}$	$13.60 \pm 0.98\text{a}$	$4.02 \pm 0.28\text{a}$

量提高 5.71% ~ 28.64%, 类胡萝卜素降解产物含量提高 16.80% ~ 40.55%, 棕色化产物含量提高 2.99% ~ 26.98%, 其中类西柏烷类产物含量和类胡萝卜素降解产物含量在不同处理间的差异较为显著, 相较于其他香味成分, 棕色化产物含量在不同处理间差异较小。施用磷酸二氢钾对类胡萝卜素降解产物含量和棕色化产物含量的提升效果优于聚谷氨酸, 而聚谷氨酸对叶绿素降解产物含量和类西柏烷类产物含量则是效果更佳。对于类苯丙氨酸类代谢产物的积累, 施用磷酸二氢钾的效果优于聚谷氨酸, 而二者配施却对苯丙氨酸类代谢产物的积累没有显著效果。

### 3 讨论

干旱胁迫下, 由于水分不足或根系吸水能力下降, 不利于烤烟维持其抗旱性能, 聚谷氨酸具有保水性和吸附性, 有助于增加烤烟的抗旱能力, 同时

能作为生长调节剂促进根系对养分的吸收<sup>[20]</sup>。磷酸二氢钾提供的钾元素能维持细胞的水分平衡, 并为烤烟根系生长提供磷、钾元素, 促进根系生长发育<sup>[21]</sup>, 使根系活力得到提升。可溶性蛋白作为调节植物细胞水分平衡的渗透调节物质, 是评价植物抗旱能力强弱的重要指标, 施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾后烤烟可溶性蛋白含量提高, 这与周静云等在水稻上的研究结果<sup>[22]</sup>基本一致。

受水分限制的影响, 植物细胞脱水引发氧化应激反应, 导致自由基积累。植株过氧化会导致 MDA 的积累, 而植物体能够通过酶促系统来防止自身受到过氧化伤害。试验结果表明, 聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施后, 烟叶 MDA 含量有所降低, 避免了烟草细胞膜脂过氧化对细胞的破坏; 聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施后, 烤烟 POD 活性得到显著提升, 这与王建平等在烤烟幼苗上的试验结果<sup>[23]</sup>一致, 而对超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的活性则产生抑制作用, 推

测可能是由于氮素含量过多,抑制了这 2 种酶的活性<sup>[24]</sup>,或是与环境条件有关。

聚谷氨酸和磷酸二氢钾所含的营养元素可保证烤烟的生长发育,使得烤烟的光合作用增强。有关研究表明,氮元素和钾元素参与调控与光合作用相关酶的活性,使烤烟的生长和品质都得到保证<sup>[25]</sup>。本试验采用聚谷氨酸和磷酸二氢钾进行配施处理,为烤烟提供了足量的氮和钾,使烤烟的光合特性得到显著提升。这与杨文龙等的研究结果<sup>[26]</sup>一致。

试验结果显示,烤烟在经过干旱胁迫后,常规化学成分不处于适宜范围内,施用聚谷氨酸和磷酸二氢钾后,烤烟的常规化学成分与中性致香成分的含量发生变化,其中常规化学成分含量均得到提升。聚谷氨酸和磷酸二氢钾的施用促进了烤烟的根系生长与光合速率提升,有利于其干物质积累。这与蒋伟峰等的研究结果<sup>[27]</sup>基本一致;烤烟的中性致香成分得到显著提升,可能是因为聚谷氨酸中含有微量元素,能在烟株生长和干物质积累阶段被吸收利用,促进叶绿素合成,从而提高其降解产物含量,本试验结果显示,烤烟叶绿素降解产物含量远高于其他中性致香成分含量,但相比于正常条件下的中性致香成分含量仍有不足。

#### 4 结论

综合以上结果,在干旱胁迫下,配施聚谷氨酸和磷酸二氢钾能有效改善烤烟的生长发育情况。这 2 种物质可为烤烟提供氮、磷、钾以及足够的中微量元素,使烤烟因干旱胁迫所造成的减产减质现象得到有效缓解。聚谷氨酸、磷酸二氢钾单施与配施皆能对烤烟的可溶性蛋白含量和根系活力产生有利影响,提升 POD 活性,降低 MDA 含量,对 SOD、CAT 活性降低的原因还需要进一步探索。在光合作用相关指标中,聚谷氨酸和磷酸二氢钾配施处理的提升效果均最优,相较于对照,可显著提升烤烟的光合特性。同时,聚谷氨酸与磷酸二氢钾配施可促进烤烟的干物质积累,使大多常规化学成分处于适宜范围内,使烤烟的内在化学成分更为协调,显著提升中性致香成分含量。说明在干旱环境下,配施聚谷氨酸和磷酸二氢钾对于烤烟生理特性和品质改善有促进作用。

#### 参考文献:

[1] 康书瑜,庞春花,张永清,等. 干旱胁迫下外源水杨酸对藜麦生理

效应及产量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(12): 151-157.

[2] 曹丽茹,鲁晓民,王国瑞,等. 叶面喷施炭吸附聚谷氨酸对玉米生长发育的影响[J]. 作物杂志, 2022(2): 158-166.

[3] 肖家昶,雷凤芸,格桑,等. 外源喷施氨基酸肥对豆瓣菜生长与硒吸收的影响[J]. 浙江农业学报, 2023, 35(7): 1638-1647.

[4] 朱安婷,蒋友武,谢国生,等. 外源聚  $\gamma$ -谷氨酸对水稻幼苗耐旱性和渗透调节的影响[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1269-1273, 1279.

[5] 张盼盼,党永富,李川,等. 氮肥减施下施用炭吸附聚谷氨酸叶面肥对夏玉米产量、氮素累积和转运的影响[J]. 玉米科学, 2022, 30(3): 143-150.

[6] 何宇,吕卫光,李双喜,等.  $\gamma$ -聚谷氨酸发酵液对小白菜生长及氮磷肥料利用率的影响[J]. 浙江农业学报, 2023, 35(2): 329-337.

[7] 冯帆. 外源喷施磷钾肥对干旱胁迫下小麦千粒重的影响[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(12): 19-21, 44.

[8] 李耀鑫,李静静,琚联营,等. 不同类型钾肥对烤烟上部叶钾含量与碳氮代谢及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 90-96.

[9] 谢冰悦,冯焯君,王宏年,等. 叶面喷施聚谷氨酸对红花大金元烟叶质量的影响[J]. 天津农业科学, 2023, 29(12): 22-26, 31.

[10] 刘云芳,蔡宪杰,邓涛,等. 不同钾肥施用方式对云烟 100 烤烟品质 and 经济效益的影响[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(11): 120-123.

[11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.

[12] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.

[13] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法:YC/T 159—2002[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.

[14] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.

[15] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法:YC/T 161—2002[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.

[16] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 钾的测定 连续流动法:YC/T 217—2007[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.

[17] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2011[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.

[18] 彤磊,农晚意,高玲玲,等. 不同移栽期对德宏州‘KRK26’品种烤后烟叶致香成分的影响[J/OL]. 分子植物育种, 2023: 1-14(2023-11-24)[2023-12-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20231123.1632.006.html>.

[19] 代晓燕,王建安,张继帅,等. 钾肥配施有机酸对烤烟石油醚提取物和中性致香物质含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2015, 49(1): 1-6, 21.

[20] 史文娟,王培华,林凤妹,等.  $\gamma$ -聚谷氨酸在农田系统应用的研究进展及展望[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(5): 1-7.

[21] 万琪慧,马黎华,蒋先军. 垄作免耕对水稻根系特性和氮磷钾养分累积的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(10): 44-52.

[22] 周静云,杨秀如,许庆飞,等. 壮秧剂与聚谷氨酸配施施用对水稻秧苗素质的影响[J]. 北方水稻, 2021, 51(1): 29-31.

张变兄,孔瑞娅,李玲,等.不同浓度果树枯叶浸提液对棉花种子萌发及幼苗生长的化感效应[J].江苏农业科学,2024,52(23):93-99.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.23.013

# 不同浓度果树枯叶浸提液对棉花种子萌发及幼苗生长的化感效应

张变兄<sup>1</sup>,孔瑞娅<sup>1</sup>,李玲<sup>1</sup>,陈国栋<sup>1</sup>,郭子轩<sup>2</sup>,王瑞清<sup>1</sup>,刘婵<sup>1</sup>

(1.塔里木大学农学院,新疆阿拉尔 843300; 2.伊犁师范大学生物与地理科学学院,新疆伊宁 835000)

**摘要:**初步探讨果树枯落叶浸提液对棉花的化感作用,为在果农间作系统中选择最优搭配物种、采取合理的果农间作配置模式提供一定参考。在广泛调查新疆南疆地区常见果农间作类型的基础上,以 8 种南疆常见果树枯落叶为对象,经室内分解枯落叶粉碎样,获得浸提液母液,再将浸提液母液稀释成相应浓度,作为试验材料的培养基质,以棉花为受体作物进行室内发芽及生长试验,研究果树枯落叶浸提液对棉花种子发芽及幼苗生长的影响。结果表明,巴旦木树落叶浸提液可明显缩短棉花种子的发芽时间,促进棉花幼苗干物质积累,增加幼苗的叶绿素含量,提高过氧化氢酶(CAT)活性,化感综合效应指数( $SE$ ) $>0.10$ ,对棉花种子的发芽及生长具有明显的促进作用。由此可见,巴旦木树可以作为棉花间作树种的最优选择。当樱桃树、苹果树枯落叶浸提液浓度较低时, $SE > 0.10$ ,对棉花种子的发芽及生长同样存在明显的促进作用,因此樱桃树、苹果树在幼龄时期宜作为棉花的间作树种。随着枯落叶浸提液浓度的升高,枣树、桃树、核桃树及香梨树对棉花种子发芽及生长的影响由促进作用转变为抑制作用,这些树种对棉花的影响表现出明显的浓度效应。综上所述,棉花间作树种的选择顺序为巴旦木树 $>$ 苹果树 $>$ 樱桃树。其他幼龄树种可与棉花间作,或在间作过程中适当清理凋落物,以免抑制棉花的正常生长。

**关键词:**落叶分解;发芽;化感效应;棉花

**中图分类号:**S562.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)23-0093-07

随着农业可持续发展问题的日益突出,有关植物化感效应的研究也日益引起人们的重视。化感效应是植物通过自身释放的化学物质对其他植物生长发育产生的影响,这类化学物质可以从植物的根、茎、叶中提取得到,对其他植物有促进或抑制的

效果<sup>[1]</sup>。在农业生产中,合理利用植物化感效应对提高作物产量和品质具有重要意义。果树掉落物产生的化感物质会直接影响作物种子萌发及幼苗生长。已有研究发现,杜仲枯叶浸提液能明显抑制小麦、玉米、油菜和大豆的发芽指数<sup>[2]</sup>;元宝枫对小麦幼苗的生长有明显的促进作用,同时也使过氧化氢酶(CAT)活性升高,而根系活力下降<sup>[3]</sup>;中樱花、海棠和七叶树浸提液对黄瓜、高粱、小麦、油菜 4 种作物的促生效果显著<sup>[4]</sup>;核桃叶水浸提液对棉花种子的萌发和幼苗生长有明显的抑制作用<sup>[5]</sup>;5 种草地植物种子的萌发和生长对猪毛蒿提取液的反应存在显著差异,并且随着提取液浓度的升高,各生理生化指标也会发生变化<sup>[6]</sup>。不同浓度的燕麦

收稿日期:2023-11-23

基金项目:塔里木大学校长基金创新研究团队项目(编号:TDZKCX202309);塔里木大学研究生科研创新项目(编号:TDGRI202220)。

作者简介:张变兄(1998—),女,甘肃会宁人,硕士研究生,研究方向为作物高产理论与技术。E-mail:2753951075@qq.com。

通信作者:李玲,硕士,助理实验员,研究方向为作物高产理论与技术。E-mail:1766898@qq.com。

[23]王建平,王晓丽,王昌军,等.聚- $\gamma$ -谷氨酸对烟草种子萌发及苗期生长的影响[J].华中农业大学学报,2007,26(3):340-343.

[24]朱秀红,樊博,杨会焕,等.生物炭配施氮素对Cd胁迫下‘泡桐1201’幼苗生理生态的影响[J/OL].西南农业学报,2024;1-11(2024-01-26)[2024-02-12].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1213.s.20240125.1747.048.html>.

[25]黄松青,危跃,屠乃美,等.控释肥对烤烟光合特性和产质量

与氮钾利用率的影响[J].中国烟草科学,2015,36(1):54-60.

[26]杨文龙,张小清,杨东风,等.聚谷氨酸对不同施肥水平下丹参幼苗生长和光合生理特性的影响[J].江苏农业科学,2023,51(10):143-149.

[27]蒋伟峰,金佳威,常剑波,等.根施 $\gamma$ -聚谷氨酸对烤烟根系活力及烟叶产量和品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2023,51(7):56-64.