

王 俊,梁喜欢,王子璇,等. 不同基因型烟草抗逆生理指标对低氮胁迫的响应[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):97-103.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.016

不同基因型烟草抗逆生理指标对低氮胁迫的响应

王 俊,梁喜欢,王子璇,尼金玉,杨帅强,郑 云,杨祥飞,郑九洲,朱肖文,刘齐元

(江西农业大学农学院/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室,江西南昌 330045)

摘要:抗逆生理指标可以衡量植物对逆境响应的程度,为了探究不同基因型烟草品种抗逆生理指标对低氮胁迫的响应,以耐低氮、氮高效型 14P9,低氮敏感、氮低效型中烟 100、K394 和氮高效型 G80 为试验材料进行水培试验,测定烟草苗期低氮胁迫 15、30 d 的叶、茎、根中过氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛含量和脯氨酸含量。结果表明,低氮胁迫 15 d 时,14P9 叶、茎、根中具有更高的 SOD 活性,根中丙二醛含量低于低氮敏感型烟草品种;低氮胁迫 30 d 时,14P9 叶、茎、根中丙二醛含量显著小于低氮敏感型品种,叶中脯氨酸含量显著大于低氮敏感型品种,茎中显著小于低氮敏感型品种。因此,低氮胁迫下耐低氮型烟草品种具有更高的 SOD 活性、更多的脯氨酸积累量,能减少低氮胁迫对植物的伤害。

关键词:烟草;低氮胁迫;超氧化物歧化酶;丙二醛;脯氨酸;抗逆生理

中图分类号: S572.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0097-07

氮素的缺乏是一种胁迫作用,会引起植物体内抗氧化系统酶活性的变化,但变化趋势与植物的基因型和所处的环境有关^[1]。过氧化物歧化酶(SOD)是植物抵抗低氮胁迫的重要保护酶,在响应逆境胁迫时,植物产生的自由基会诱发膜脂过氧化反应,生成丙二醛等有害物质,植物可通过抗氧化酶系统来清除自由基,维持稳定^[2]。脯氨酸含量的积累是许多植物对生物和非生物胁迫的一个应激反应,其积累发生在各种胁迫中^[3-6]。脯氨酸是植物渗透调节的主要物质,植物在逆境中通过其含量的积累来减少逆境伤害^[7]。大量研究表明,胁迫会提高 SOD 活性和增加丙二醛含量,也会增加脯氨酸的含量,以此来抵御植物受到的逆境伤害^[8-11]。李春燕等研究表明,提高植物体内的抗氧化酶活性对减轻胁迫危害有一定的积极作用^[12]。植物抗氧化酶活性和渗透调节物质含量的差异是植物品种在忍受胁迫时存在差异的生理基础^[13]。低氮胁迫下,耐低氮品种和不耐低氮品种会显著增加丙二醛含量,

不耐低氮品种增加更显著,同样,SOD 活性也是相同的趋势,且不耐低氮品种的活性比耐低氮品种的活性低^[14]。肖玉洁等研究表明,烟草低温耐受性品种和低温敏感型品种在胁迫下 SOD 活性会明显降低,丙二醛含量则上升^[15]。有研究表明,提高 SOD 活性会减少植物体内的丙二醛含量,脯氨酸含量会随着胁迫作用的进行而增加,并认为可将其含量高作为衡量植物抗性的指标^[6,16]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2019 年 4 月在江西农业大学农学院多功能实验室进行。材料为笔者所在课题组前期筛选出的耐低氮、氮高效烟草品种 14P9,氮高效型品种 G80,低氮敏感、氮低效品种中烟 100(简称 ZY100)和 K394^[17]。

1.2 试验方法

试验在室内进行,播种前将育苗器具用 0.1% 高锰酸钾溶液消毒,采用漂浮育苗,出苗前用烟草专用肥培养,到三叶一心期,以 NH_4NO_3 作为主要氮源,开始进行低氮(0.5 mmol/L, LN)处理和正常氮(5 mmol/L, NN)处理。

营养液配方主要参考前期筛选条件下的营养配方^[17]。分别于处理后 15 d 和 30 d 各选取 3 株无损伤、无病害、生长状态一致烟苗的倒二叶或倒三叶、茎的中部和根的中部,在 -80 ℃ 低温冰箱中保

收稿日期:2020-07-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260350);江西省烟草专卖局科技项目(编号:201401001);江西农业大学研究生创新专项资金(编号:NDYC2019-S012)。

作者简介:王 俊(1991—),男,河南驻马店人,硕士研究生,主要从事作物栽培与作物生理生化研究。E-mail:1411736849@qq.com。

通信作者:刘齐元,博士,教授,主要从事作物生理生态与遗传育种。

E-mail:qiyuanl@126.com。

存,用于超氧化物歧化酶活性、丙二醛含量和脯氨酸含量的测定。

1.3 测定指标与方法

超氧化物歧化酶活性的测定采用氮蓝四唑(NBT)比色法;丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法;脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸法。测定方法参考余前媛的方法^[18]。

1.4 数据处理

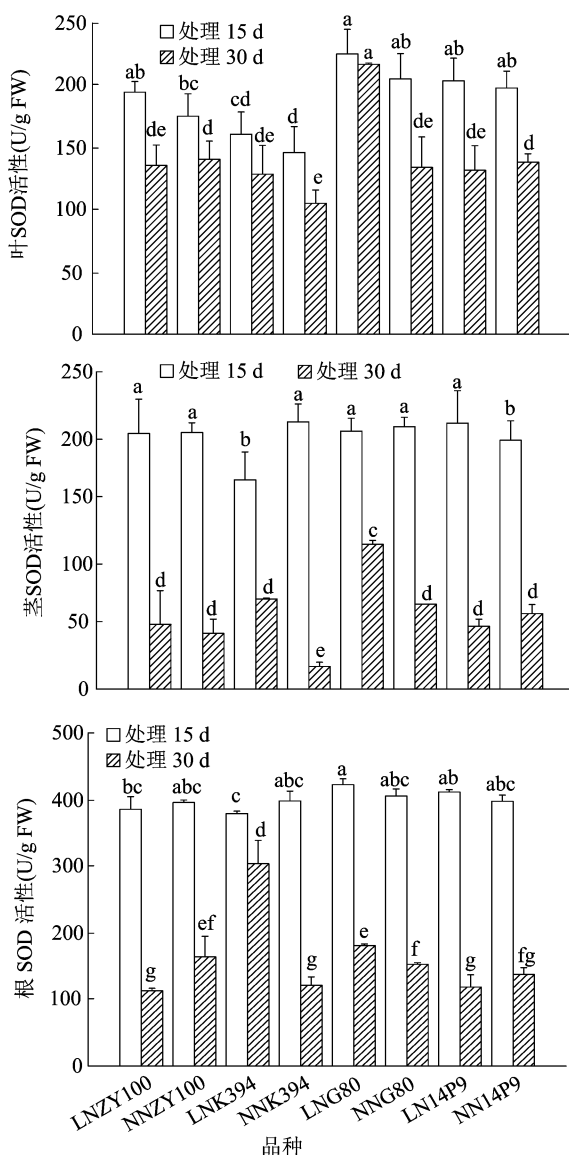
采用 Excel 2016 和 SPSS 20.0 进行数据统计分析,采用 Origin 8.5 作图。

2 结果与分析

2.1 低氮胁迫时间对不同基因型烟草超氧化物歧化酶活性的影响

不同基因型烟草叶片(图 1)中,中烟 100 正常氮处理与低氮胁迫下同一时期 SOD 活性均无显著差异,而低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性则显著低于低氮胁迫 15 d 下活性;K394 同一处理时期正常氮处理与低氮胁迫下 SOD 活性表现出无显著差异,低氮胁迫 15 d 与低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性也无显著差异;G80 低氮胁迫 15 d 和 30 d 下 SOD 活性无显著差异,处理 15 d 下低氮胁迫处理活性与正常氮处理活性无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;14P9 正常氮与低氮胁迫 30 d SOD 活性均显著低于正常氮与低氮胁迫下 15 d 活性,同一时期正常氮处理与低氮胁迫下活性表现为无差异。低氮胁迫 15 d 下,G80、14P9 和中烟 100 的 SOD 活性无显著差异且均显著高于 K394 的活性;低氮胁迫 30 d 下,14P9、中烟 100 和 K394 的 SOD 活性也无显著差异但均显著低于 G80 的活性。

不同基因型烟草茎(图 1)中,4 个品种低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性均显著低于低氮胁迫 15 d 下的活性;中烟 100 同一处理时期正常氮处理与低氮胁迫下 SOD 活性均无显著差异;K394 处理 15 d 下 LN 处理 < NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;G80 处理 15 d 下低氮胁迫与正常氮处理活性无差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;14P9 处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 下低氮胁迫与正常氮处理下活性无显著差异。低氮胁迫 15 d 下,G80、14P9 和中烟 100 的 SOD 活性无显著差异且均显著高于 K394 的活性;低氮胁迫 30 d 下,14P9、中烟 100 和 K394 的 SOD 活性也无显著差异但均显著低于 G80 的活性。



不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下图同

图1 不同处理时期不同基因型烟草 SOD 的活性

不同基因型烟草根(图 1)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性显著低于低氮胁迫 15 d 活性,处理 15 d 低氮胁迫下与正常氮处理活性无显著差异,处理 30 d 下, LN 处理 < NN 处理;K394 低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性显著低于低氮胁迫 15 d 活性,低氮胁迫 15 d 下与正常氮处理活性无显著差异处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;G80 低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性显著低于低氮胁迫 15 d 活性,低氮胁迫 15 d 下与正常氮处理活性无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;14P9 低氮胁迫 30 d 下 SOD 活性显著低于低氮胁迫 15 d 活性,同一处理时期正常氮处理与低氮胁迫下 SOD 活性均无差异。低氮胁迫 15 d 下,G80 的 SOD 活性显著高于中烟 100 和

K394,14P9 的 SOD 活性与 G80、中烟 100 无差异但显著高于 K394;低氮胁迫 30 d 下,G80 的 SOD 活性显著高于中烟 100,却显著低于 K394,14P9 的 SOD 活性与中烟 100 无差异但显著低于 G80、K394。

低氮胁迫 15 d 时,14P9 叶片中的 SOD 活性升幅小于 ZY100、K394,茎中仅 14P9 活性升高,其他 3

个品种活性均降低,其中 G80 降幅小于 K394,根中 14P9 和 G80 活性升幅更大;低氮胁迫 30 d 时,14P9 叶中活性降幅大于 ZY100,G80 升幅大于 K394,茎中仅 14P9 活性降低,G80 升幅大于 ZY100,根中 14P9 降幅小于 ZY100,G80 升幅小于 K394(表 1)。

表 1 不同胁迫时间下烟草 SOD 活性的幅度变化

品种	与 NN 相比,叶片 SOD 活性幅度(%)		与 NN 相比,茎中 SOD 活性幅度(%)		与 NN 相比,根中 SOD 活性幅度(%)	
	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d
ZY100	10.93	-3.52	-0.30	16.13	-2.49	-31.04
K394	10.09	22.35	-21.72	298.86	-4.82	150.42
G80	9.77	61.71	-1.74	70.72	4.19	18.16
14P9	2.97	-4.71	6.85	-16.61	3.46	-13.78

2.2 低氮胁迫时间对不同基因型烟草丙二醛含量的影响

不同基因型烟草叶片(图 2)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 < NN 处理;K394 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 < NN 处理,处理 30 d 下,LN 处理 > NN 处理;G80 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,低氮胁迫 30 d 下与正常氮处理 30 d 下丙二醛含量无差异;14P9 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,低氮胁迫 30 d 下与正常氮处理 30 d 下丙二醛含量无差异。低氮胁迫 15 d 下,G80 的丙二醛含量显著小于中烟 100 却显著大于 K394,14P9 的丙二醛含量与中烟 100 无差异但显著大于 K394、G80;低氮胁迫 30 d 下,G80、14P9 和中烟 100 丙二醛含量无显著差异却显著小于 K394 的含量。

不同基因型烟草茎(图 2)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量与低氮胁迫 15 d 下的含量无显著差异,低氮胁迫 15 d 下丙二醛含量与正常氮处理 15 d 的含量无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;K394 在不同氮处理和不同处理时期均表现为无显著差异;G80 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,低氮胁迫 15 d 下丙二醛含量与正常氮处理 15 d 下的含量无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;14P9 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含

量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,低氮胁迫 30 d 下与正常氮处理 30 d 下丙二醛含量无差异。低氮胁迫 15 d 下,G80 的丙二醛含量显著大于中烟 100、K394,14P9 的丙二醛含量显著大于中烟 100、K394,与 G80 无显著差异;低氮胁迫 30 d 下,G80 的丙二醛含量显著大于中烟 100、K394,14P9 丙二醛含量显著小于 K394 和 G80 的含量。

不同基因型烟草根(图 2)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;K394 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,低氮胁迫 30 d 下含量与正常氮处理 30 d 下的含量无显著差异;G80 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,低氮胁迫 15 d 下丙二醛含量与正常氮处理 15 d 下的含量无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 < NN 处理;14P9 低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 < NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理。低氮胁迫 15 d 下,G80 的丙二醛含量显著小于中烟 100,与 K394 无显著差异,14P9 的丙二醛含量显著小于中烟 100、G80,与 K394 无显著差异;低氮胁迫 30 d 下,G80 的丙二醛含量显著小于中烟 100,与 K394 无显著差异,14P9 丙二醛含量显著小于中烟 100,与 K394 和 G80 的含量无显著差异。

低氮胁迫 15 d 时,14P9 叶中丙二醛含量升幅大于 ZY100、K394 和品种 G80,茎中仅 14P9 含量增加,其中 G80 降幅小于 ZY100 和 K394,根中仅 14P9

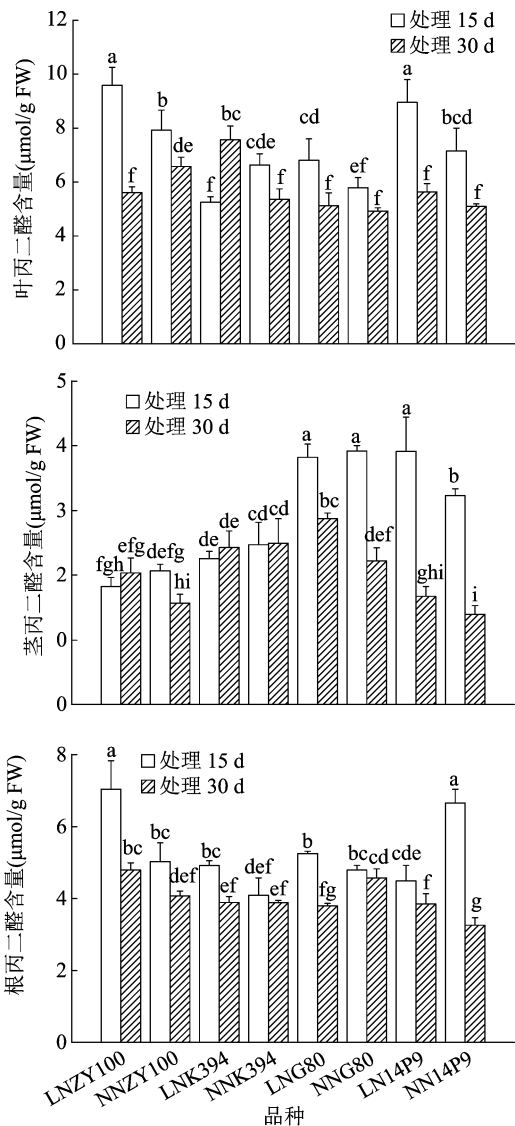


图2 不同处理时期不同基因型烟草丙二醛的含量

含量降低,其中 G80 升幅小于 ZY100 和 K394;低氮胁迫 30 d,14P9 升幅小于 K394,大于 G80,茎中 14P9 升幅小于 ZY100 和 G80,根中 14P9 升幅大于 ZY100 和 K394(表 2)。

2.3 低氮胁迫时间对不同基因型烟草脯氨酸含量的影响

不同基因型烟草叶片(图 3)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;K394 低氮胁迫 15 d 下脯氨酸含量小于正常氮处理 15 d 下的含量,表现为无显著差异;G80 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,低氮胁迫 15 d 下脯氨酸含量与正常氮处理 15 d 下的含量无显著差异,处理 30 d 下 LN 处理 < NN 处理;14P9 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 < NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理。低氮胁迫 15 d 下,G80 的脯氨酸含量与中烟 100、K394 均无显著差异,14P9 的脯氨酸含量显著小于 K394,与中烟 100、G80 无差异;低氮胁迫 30 d 下,G80 脯氨酸含量显著小于中烟 100 却显著大于 K394,14P9 与中烟 100 脯氨酸含量无显著差异,但显著大于 K394、G80 的含量。

不同基因型烟草茎(图 3)中,中烟 100 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,处理 15 d 下 LN 处理 < NN 处理,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理;K394 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,低氮胁迫

表 2 不同胁迫时间下烟草丙二醛(MDA)含量的幅度变化

品种	与 NN 相比叶片 MDA 含量变化幅度		与 NN 相比茎中 MDA 含量变化幅度		与 NN 相比根中 MDA 含量变化幅度	
	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d
ZY100	20.94	-14.71	-11.78	29.86	40.19	17.54
K394	-20.73	41.18	-8.62	-2.63	20.15	0.23
G80	17.69	4.04	-2.49	29.47	9.53	-16.92
14P9	25.20	10.55	21.26	19.99	-32.53	18.23

15 d 下脯氨酸含量与正常氮处理 15 d 的含量无显著差异,处理 30 d 下也表现出相同的趋势;G80 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量与低氮胁迫 15 d 下的含量无差异,低氮胁迫 15 d 下脯氨酸含量与正常氮处理 15 d 下的含量无显著差异,低氮胁迫 30 d 下 LN 处理 < NN 处理;14P9 低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量与低氮胁迫 15 d 下的含量差异不显著,低氮胁迫

15 d 下脯氨酸含量与正常氮处理 15 d 下的含量无差异,处理 30 d 下 LN 处理 > NN 处理。低氮胁迫 15 d 下,G80 的脯氨酸含量显著大于中烟 100、K394,14P9 的脯氨酸含量显著小于 G80,与中烟 100、K394 无显著差异;低氮胁迫 30 d 下,G80 的脯氨酸含量显著小于中烟 100,与 K394 无差异,14P9 脯氨酸含量显著小于中烟 100、K394,与 G80 的含量

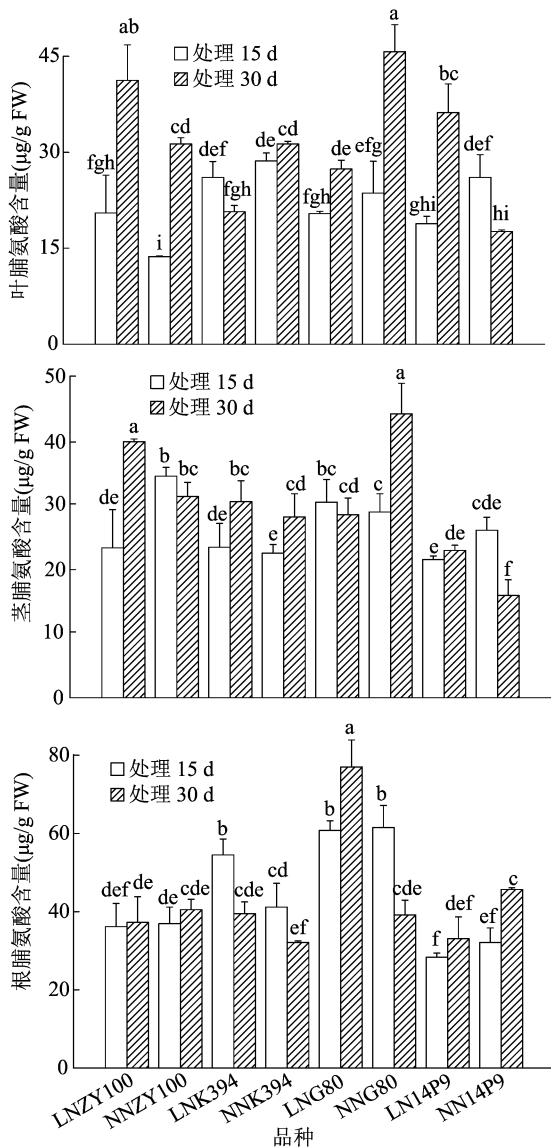


图3 不同处理时期不同基因型烟草脯氨酸的含量

无显著差异。

不同基因型烟草根(图3)中,中烟100在不同氮处理和不同处理时期均表现为无显著差异;K394低氮胁迫30 d下脯氨酸含量显著小于低氮胁迫15 d下的含量,处理15 d下LN处理>NN处理,低氮胁迫30 d下含量与正常氮处理30 d下的含量无显著差异;G80低氮胁迫30 d下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫15 d下的含量,低氮胁迫15 d下脯氨酸含量与正常氮处理15 d下的含量无显著差异,处理30 d下LN处理>NN处理;14P9同一处理条件下不同处理时期脯氨酸含量存在显著差异,同一处理时期不同处理条件也存在显著差异。低氮胁迫15 d下,G80的脯氨酸含量显著大于中烟100,与K394无差异,14P9的脯氨酸含量显著小于K394、G80,与中烟100无显著差异;低氮胁迫30 d下,G80的脯氨酸含量显著大于中烟100、K394,14P9脯氨酸含量显著小于G80,与K394和中烟100的含量不存在显著差异。

低氮胁迫15 d,14P9叶中脯氨酸含量降幅大于K394和G80,ZY100含量则表现为增加,茎中14P9降幅小于ZY100,G80升幅大于K394,根中14P9降幅大于ZY100和G80,K394含量表现为升高趋势;低氮胁迫30 d,14P9升幅大于ZY100,G80降幅大于K394,茎中14P9升幅大于ZY100和K394,根中14P9降幅大于ZY100,G80升幅大于K394(表3)。

3 讨论

3.1 低氮胁迫对烟草超氧化物歧化酶活性的影响

SOD为植物细胞脂膜过氧化作用中清除氧自

表3 不同胁迫时间下烟草脯氨酸(Pro)含量的变化幅度

%

品种	与 NN 相比叶片 Pro 含量变化幅度		与 NN 相比茎中 Pro 含量变化幅度		与 NN 相比根中 Pro 含量变化幅度	
	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d	LN 15 d	LN 30 d
ZY100	49.66	31.66	-32.39	27.20	-1.93	-8.01
K394	-9.06	-33.82	3.93	8.41	32.44	23.07
G80	-13.56	-40.11	5.27	-35.52	-1.16	96.48
14P9	-27.85	105.71	-17.54	44.22	-11.65	-27.53

由基的关键酶^[19]。14P9叶和根中处理30 d的SOD活性显著小于处理15 d时的活性,除茎中15 d LN处理>NN处理以外,其他部位同一时期的不同处理氮水平均表现为不存在差异,可能是耐低氮型烟草品种在低氮胁迫下并未产生过多的过氧化物自由基,因而保持与正常氮水平处理下相同的SOD活

性。G80叶、茎、根中低氮胁迫30 d时SOD活性显著高于NN处理下活性,除根中低氮胁迫30 d活性显著低于低氮胁迫15 d活性,其他2个部位表现为不存在差异,表明G80可能通过较高的SOD活性来抵御逆境对其产生的伤害。ZY100叶、茎、根中SOD活性低氮胁迫30 d显著低于低氮胁迫15 d的活性,

表明随着低氮胁迫处理时间的增加,低氮敏感型烟草品种对过氧化物自由基的清除能力有所降低;根中低氮胁迫 30 d 活性显著低于 NN 处理 30 d 活性,表明低氮敏感型烟草品种在低氮胁迫 30 d 时植株受到逆境伤害导致没有较高的 SOD 活性来清除过氧化物自由基,从而影响植株生长。K394 叶中 2 种氮水平处理同一时期不存在差异,茎和根中低氮胁迫 30 d 时 SOD 活性显著高于 NN 处理 30 d 时的活性,表明在低氮胁迫 30 d 时,K394 通过较高的 SOD 活性来清除过氧化物自由基,以保证植株生长。

低氮胁迫 15 d 时,14P9 和 G80 叶、茎和根中 SOD 活性显著高于 K394 的活性,G80 根中活性显著大于 ZY100;低氮胁迫 30 d 时,14P9 叶、茎和根中的 SOD 活性与 ZY100 的活性不存在差异,这与林郑和等的研究结果^[14]一致,G80 叶、茎中活性显著大于 K394 和 ZY100,根中显著大于 ZY100。表明低氮胁迫 15 d 耐低氮型烟草品种有更高的耐受力,但随着胁迫时间的加长,耐低氮型品种也受到胁迫的影响,胁迫程度大于植物耐受值^[12]。

14P9 低氮胁迫 15 d 和 30 d 时,叶片数、株高、茎鲜质量、茎粗、叶鲜质量降低幅度均低于 ZY100、K394,与前人在玉米上的研究^[20]一致;低氮胁迫 15 d,14P9 根长、根鲜质量降幅小于 ZY100,低氮胁迫 30 d,根鲜质量 14P9 和 G80 降幅小于 K394,这与谢孟林等的研究结果^[21]一致,表明耐低氮品种能以更好的形态来增强适应性。

3.2 低氮胁迫对烟草丙二醛含量的影响

丙二醛是植物细胞膜脂过氧化作用的产物,含量可反映出植物过氧化程度和逆境条件的强弱^[6]。14P9 叶、茎、根中低氮胁迫 15 d 下丙二醛含量显著大于 NN 处理 15 d 下的含量,除根中外,叶、茎中低氮胁迫 30 d 下与 NN 处理 30 d 下丙二醛含量无差异,叶、茎、根中低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,表明低氮胁迫 15 d 会诱导烟草品种产生丙二醛,随着胁迫时期的增加,耐低氮型烟草品种可能只有根系中的丙二醛含量增加,这与杨中义等研究结果^[22]一致。G80 处理 15 d,叶中 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 时,茎中 LN 处理 > NN 处理,根中则相反,叶、茎、根中低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,表明低氮胁迫 15 d 时,氮高效型烟草品种只在叶中丙二醛含量增加,低氮胁迫 30 d 后,丙二醛的增加主要在烟草茎中,且随着胁迫时间的增

加,丙二醛含量会逐渐减低。ZY100 处理 15 d 时,叶、根中 LN 处理 > NN 处理,处理 30 d 时,茎、根中 LN 处理 > NN 处理,叶和根中低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著小于低氮胁迫 15 d 下的含量,表明低氮敏感型烟草品种在低氮胁迫环境下会产生更多的丙二醛含量。K394 处理 15 d,叶中 LN 处理 < NN 处理,根中则相反,处理 30 d,叶中 LN 处理 > NN 处理,叶中低氮胁迫 30 d 下丙二醛含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,根中叶表现出相反的趋势,表明低氮敏感型品种在低氮胁迫下叶中的过氧化作用程度较深。

低氮胁迫 15 d 时,14P9 叶、茎中丙二醛含量大于低氮敏感型烟草品种,根中则相反;低氮胁迫 30 d 时,14P9 叶、茎、根中丙二醛含量小于低氮敏感型烟草品种。表明耐低氮型烟草品种在低氮胁迫 15 d 下叶茎中产生的丙二醛含量较大,随着胁迫时间的增加,低氮敏感型烟草品种会产生更多的过氧化物产物,对逆境条件适应能力要弱于耐低氮型品种^[6]。

低氮胁迫 15 d,耐低氮型烟草品种叶片中 SOD 活性升幅小于低氮敏感型烟草品种,低氮胁迫 30 d,耐低氮型烟草品种叶片中 SOD 活性降幅大于低氮敏感型烟草品种,根中降幅则小于低氮敏感型品种,可能是因为此时低氮胁迫对耐低氮型品种叶中活性氧产生较少;随着胁迫时间的增加,活性降低,这与肖国增等的研究结果^[23]一致,但耐低氮型品种叶中活性降幅更大,根中降幅更小,这与前人研究结果^[9,24]不一致,可能是烟草的抗氧化系统不能正常维持逆境下的能力,各个部位的活性均受到影响,也可能是品种不同的原因。

3.3 低氮胁迫对烟草脯氨酸含量的影响

脯氨酸是细胞内的渗透调节物质,细胞内酶的保护剂等,其含量可作为植物抗逆指标^[25]。14P9 叶中处理 15 d LN 处理 < NN 处理,叶、茎中处理 30 d LN 处理 > NN 处理,叶和茎中低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,表明耐低氮型品种在低氮胁迫下通过更多的脯氨酸来调节渗透平衡,以便适应环境^[6]。G80 处理 30 d 时,叶和茎中 LN 处理 < NN 处理,根中则 LN 处理 > NN 处理,叶和根中低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量,表明氮中间型品种在低氮胁迫 30 d 后,受到逆境较长时间的影响,通过增加叶和茎中脯氨酸含量来适应逆境,减少对植

株的伤害。ZY100 处理 15 d, 叶中 LN 处理 > NN 处理, 处理 30 d, 叶中 LN 处理 > NN 处理、茎中 LN 处理 < NN 处理, 叶和茎中低氮胁迫 30 d 下脯氨酸含量显著大于低氮胁迫 15 d 下的含量, 根中均表现不存在差异, 表明低氮敏感型烟草品种在受到长时间低氮胁迫时, 主要是通过叶和茎中增加脯氨酸含量来调节植物的渗透平衡, 降低逆境带来的影响。K394 也表现出相似的趋势, 但主要体现在叶和根中, 说明低氮敏感型烟草品种是受基因和环境的共同影响。

低氮胁迫 15 d 时, 14P9 叶和根中脯氨酸含量小于 K394, G80 茎中显著大于 ZY100、K394, 根中显著大于 ZY100; 低氮胁迫 30 d 时, 14P9 叶中脯氨酸含量显著大于 K394, 茎中 14P9 脯氨酸含量显著小于 ZY100、K394, G80 叶中显著大于 K394, 显著小于 ZY100, 茎中显著小于 ZY100, 根中显著大于 ZY100、K394。表明耐低氮型烟草品种在低氮胁迫 15 d 时受到的逆境影响小于低氮敏感型品种, 随着胁迫时间的增加, 超过低氮敏感型品种承受胁迫的能力^[26], 耐低氮型品种具有更高的脯氨酸含量, 能更好地维持植物体内的渗透平衡, 也可能是因为脯氨酸含量受植物的品种因素影响较大^[27]。

低氮胁迫 15 d, 耐低氮型烟草品种叶中丙二醛含量升幅大于低氮敏感型烟草品种, 低氮胁迫 30 d, 耐低氮型烟草品种叶和茎中丙二醛含量升幅小于低氮敏感型烟草品种, 根中升幅则大于低氮敏感型品种。丙二醛含量的变化与 SOD 活性的变化相对应, 说明耐低氮型品种叶中低氮胁迫 15 d 时细胞膜质过氧化程度高, 受到的伤害更大, 随着胁迫时间的增加, 则低氮敏感型品种的过氧化程度更大。

参考文献:

- [1] 王 勇, 马 军, 秦航道. 氮对地枇杷幼苗生长及生理特征的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 181–185.
- [2] 裴 斌, 张光灿, 张淑勇, 等. 土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1386–1396.
- [3] 朱世杨, 刘 庆, 张小玲, 等. 盐胁迫对花椰菜苗期幼苗生物量及脯氨酸含量的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(1): 148–152.
- [4] 卢颖林, 曾巧英, 黄 莹, 等. 低钾胁迫对斑茅抗氧化酶活性和脯氨酸含量的影响[J]. 甘蔗糖业, 2018(3): 9–14.
- [5] 刘龙元, 贺鸿志, 黎华寿. 水分胁迫对苦参生长生理及有效成分的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(23): 76–81.
- [6] 张 楚, 张永清, 路之娟, 等. 低氮胁迫对不同苦苣品种苗期生长和根系生理特征的影响[J]. 西北植物学报, 2017, 37(7): 1331–1339.
- [7] Vendruscolo E C G, Schuster I, Pileggi M, et al. Stress – induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat[J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164(10): 1367–1376.
- [8] 周艳虹, 喻景权, 钱琼秋, 等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 921–924.
- [9] 胡晓辉, 郭世荣, 李 璟, 等. 低氧胁迫对黄瓜幼苗根系无氧呼吸酶和抗氧化酶活性的影响[J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(4): 337–341.
- [10] 张英华, 杨佑明, 曹 莲, 等. 灌浆期高温对小麦旗叶与非叶器官光合和抗氧化酶活性的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(1): 136–144.
- [11] 朴世领, 刘 丹, 安金花, 等. 干旱胁迫及氮水平对烤烟生理特征的影响[J]. 河南农业科学, 2006(11): 43–47.
- [12] 李春燕, 徐 雯, 刘立伟, 等. 低温条件下拔节期小麦叶片内源激素含量和抗氧化酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2015, 26(7): 2015–2022.
- [13] Trung D T, 李 健, 张凤娟, 等. 干旱胁迫下不同甘蔗品种叶片抗氧化酶活性和渗透调节物质含量的变化[J]. 热带作物学报, 2018, 39(5): 858–866.
- [14] 林郑和, 钟秋生, 游小妹, 等. 低氮对茶树生长及叶片抗氧化酶活性的影响[J]. 茶叶学报, 2019, 60(2): 57–63.
- [15] 肖玉洁, 李泽明, 易鹏飞, 等. 不同品种烟草响应低温胁迫生理生化差异分析[J]. 分子植物育种, 2019, 17(4): 1346–1351.
- [16] 冯建灿, 张玉洁, 杨天柱. 低温胁迫对喜树幼苗 SOD 活性、MDA 和脯氨酸含量的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 197–202.
- [17] 钟思荣, 陈仁霄, 陶 瑶, 等. 耐低氮烟草基因型的筛选及其氮效率类型[J]. 作物学报, 2017, 43(7): 993–1002.
- [18] 余前媛. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2014.
- [19] 闫江艳, 张永清, 冯晓敏, 等. 干旱胁迫及复水对不同黍稷品种根系生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(2): 348–354.
- [20] 李 强, 罗延宏, 龙文靖, 等. 低氮胁迫对不同耐低氮性玉米品种苗期生长和生理特性的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(4): 204–212.
- [21] 谢孟林, 李 强, 查 丽, 等. 低氮胁迫对不同耐低氮性玉米品种幼苗根系形态和生理特征的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(8): 946–953.
- [22] 杨中义, 张发明, 李永智, 等. 不同烤烟品种对氮素胁迫响应差异的研究[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(2): 240–245.
- [23] 肖国增, 滕 珂, 李林洁, 等. 盐胁迫下匍匐剪股颖抗氧化酶活性及基因表达机制研究[J]. 草业学报, 2016, 25(9): 74–82.
- [24] 姜慧芳, 任小平. 干旱胁迫对花生叶片 SOD 活性和蛋白质的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(2): 169–174.
- [25] 赵福庚, 刘友良. 胁迫条件下高等植物体内脯氨酸代谢及调节的研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 540–546.
- [26] 赵婷婷, 郑顺林, 万年鑫, 等. 早期施氮对马铃薯苗期抗旱能力的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(5): 185–190.
- [27] 李 珣, 刘中卓, 纪薇薇. 施氮处理对不同株型水稻品种叶片渗透调节物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 117–121.