

不同氮形态处理对烤烟生长及烟碱合成的影响

张海伟¹ 王念磊¹ 骆海明² 李亮生³ 何宽信¹ 梁洪波⁴ 许娜^{4*}

¹ 江西省烟草科学研究所, 江西南昌 330025;

² 江苏中烟工业有限责任公司, 江苏南京 210015;

³ 龙岩市烟草公司连城分公司, 福建龙岩 366200;

⁴ 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101)

摘要 为研究不同氮形态对烤烟生长及烟碱合成的影响,以烤烟品种 K326 为供试材料,研究了不同铵态氮与硝态氮配比(铵硝比)处理对烤烟生长发育,打顶前、后烟叶烟碱含量及烟碱合成关键酶活性的影响。结果表明:铵硝比为 50/50 处理可以显著促进烤烟旺长期和成熟期株高;铵硝比为 97/3 处理可以显著增加打顶前、后烤烟中、上部叶烟碱含量,显著增强烤烟根系打顶前、后烟碱合成关键酶腐胺 N-甲基转移酶(PMT)和鸟氨酸脱羧酶(ODC)的活性。

关键词 烤烟;铵态氮;硝态氮;铵硝比;生长发育;烟碱合成

中图分类号 S572;S147.5 **文献标识码** A

文章编号 1007-5739(2022)10-0012-04

DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2022.10.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



烟碱是烟草特有的生物碱,占烟叶总植物碱的 95%左右^[1-2]。烟碱是影响烟叶品质的重要因素之一,优质烟叶烟碱含量要求在 1.5%~3.5%之间。烟碱含量过低,则劲头小、刺激性小、吃味平淡;烟碱含量过高,则劲头大、刺激性强、吃味辛辣^[3-4]。烟草种子不含烟碱,发芽生根后,在根冠处合成烟碱,然后通过木质部运输到地上叶片及其他器官,烟株叶片中烟碱含量最高,茎部含量最低^[5]。烟碱分子由一个吡咯烷环和一个吡啶环构成,吡咯烷环由氮代谢中形成的腐胺合成。腐胺可通过鸟氨酸脱羧酶(ODC, ornithine decarboxylase)催化鸟氨酸脱羧形成,在腐胺 N-甲基转移酶(PMT, putrescine-N-methyltransferase)作用下获得由 S-腺苷蛋氨酸(SAM, S-adenosyl-L-methionine)提供的甲基形成 N-甲基腐胺,随后与提供吡啶环部分的烟酸衍生物发生缩合反应形成烟碱^[6-10]。

在烟草农业栽培措施中,打顶对烟碱积累所起的促进作用最大。研究表明,早打顶的烟株烟碱含量高于晚打顶的烟株,打顶时增加留叶数可降低烟碱含量^[11]。打顶能够促进烟株根系的生长,增加根系活力,进而增强烟碱合成^[12-13]。此外,打顶还可以诱导与烟碱合成密切相关的酶(PMT、ODC 等)在根系中表达并提高其活性,促进烟碱的合成并抑制其降解,导致烟叶中烟碱含量显著提高^[14]。肥料是影响烟碱含量最重要的因素,其中又以氮肥最为关键,氮肥施用量、施用时期和施用形态是影响烟叶中烟碱含量的 3 个主要因素。氮素是烟碱的重要组成成分,对烟叶中烟碱累积的影响最大,烟碱分子中约含氮 17.30%^[15]。烤烟在移栽后约 2 个月即达到对氮素吸收的高峰,此时烟株尚未打顶;烟碱积累的高峰发生在打顶之后,表明烟碱的积累与氮素的吸收并不同步^[16]。增加硝态氮施用比例可促进烟株对氮素的前期吸收,一定程度降低上部叶烟碱含量^[17]。目前,不同氮形态条件下打顶后烟碱合成关键酶及烟碱积累相关研究较少,本研究将对不同氮形态处理条件下,打顶前后烟株合成关键酶 PMT 和 ODC 活性及中、上部叶的烟碱含量进行研究,旨在为烟草生产过程中采取适宜

基金项目 江西省烟草公司科技项目(赣烟司[2017]66 号 2017.01.004)。

作者简介 张海伟(1979—),男,河南周口人,博士,高级农艺师。研究方向:烟草栽培。

* 通信作者

收稿日期 2021-09-29

的铵硝比提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在中国农业科学院烟草研究所即墨试验基地进行,试验地位于北纬 36°26′54″,东经 120°34′38″,海拔高度为 75 m。试验地土壤类型为棕壤,理化性状为碱解氮 52.69 mg/kg、有效磷 10.60 mg/kg、速效钾 105.25 mg/kg、有机质 11.66 g/kg,pH 值 5.56。

1.2 供试材料

供试烤烟品种为 K326。

供试氮肥肥源为硫酸铵与硝酸钾,磷肥肥源为钙镁磷肥(0-12-0),钾肥肥源为硫酸钾(0-0-50)。

1.3 试验设计

试验设置 3 个不同氮形态的处理,即铵硝比分别为 0/100、50/50、97/3,3 次重复。每个处理的磷肥(P_2O_5)和钾肥(K_2O)用量均分别为 135、405 kg/hm²,所有肥料作基肥一次性施入。

1.4 调查内容与方法

1.4.1 农艺性状调查。参照中华人民共和国行业标准《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)^[18],用卷尺测定旺长期和平顶期烟株株高、叶片数、茎

围、节距、最大叶长和最大叶宽。

1.4.2 烟碱含量测定。在打顶前、打顶后 7 d 取中部叶、上部叶,采用王丽丽等^[19]的方法测定烟草叶片烟碱含量。

1.4.3 PMT 和 ODC 活性测定。在打顶前、打顶后 7 d 取中部叶、上部叶,采用试剂盒测定 PMT 和 ODC 活性,烟叶前处理参照罗斐等^[20]的测定方法。

2 结果与分析

2.1 不同氮形态对烤烟旺长期主要农艺性状的影响

由表 1 可知,旺长期铵硝比 50/150 和 97/3 处理株高显著大于 0/100 处理,与 0/100 处理相比,增幅分别为 66.32%和 21.54%。不同氮形态对烤烟旺长期叶片数、茎围、节距、最大叶长和最大叶宽没有显著性影响。

2.2 不同氮形态对烤烟平顶期主要农艺性状的影响

由表 2 可知,平顶期铵硝比 50/50 和 97/3 处理株高显著大于 0/100 处理,与 0/100 处理相比,增幅分别为 20.11%和 16.96%。铵硝比 50/50 处理最大叶长显著大于 0/100 和 97/3 处理,与 0/100 和 97/3 处理相比,增幅分别为 29.44%和 18.29%。不同氮形态对烤烟平顶期叶片数、茎围、节距和最大叶宽没有显

表 1 不同氮形态对旺长期主要农艺性状的影响

铵硝比	株高/cm	叶片数	茎围/cm	节距/cm	最大叶长/cm	最大叶宽/cm
0/100	33.14±2.15 b	12.86±0.55 a	5.17±0.07 a	3.85±0.35 a	48.75±1.86 a	22.47±2.04 a
50/50	55.12±1.38 a	14.01±1.02 a	6.01±0.37 a	4.11±0.22 a	52.14±3.58 a	26.77±1.93 a
97/3	40.28±6.15 a	13.33±1.70 a	5.53±0.80 a	3.89±0.44 a	50.00±8.63 a	25.14±5.32 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

表 2 不同氮形态对平顶期主要农艺性状的影响

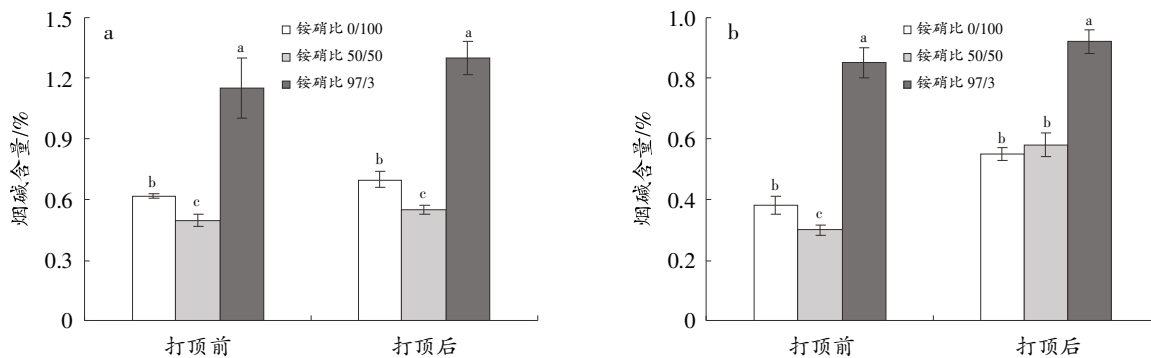
铵硝比	株高/cm	叶片数	茎围/cm	节距/cm	最大叶长/cm	最大叶宽/cm
0/100	100.25±8.52 b	18.83±1.58 a	7.01±0.58 a	7.00±1.00 a	57.67±1.08 b	30.83±2.02 a
50/50	120.41±6.85 a	20.00±0.05 a	7.03±0.33 a	6.50±0.50 a	74.65±3.84 a	34.33±1.15 a
97/3	117.25±5.14 a	19.55±0.25 a	6.92±0.24 a	7.17±0.76 a	63.11±3.32 b	30.17±1.89 a

著性影响。

2.3 不同氮形态对烤烟打顶前后烟碱分配的影响

由图 1 可知,中部叶烟碱含量打顶前和打顶后均低于上部叶打顶前和打顶后对应处理的烟碱含量。在上部叶打顶前后各处理烟碱含量趋势不变,均为铵硝比 97/3>铵硝比 0/100>铵硝比 50/50,打顶后上部叶烟碱含量高于打顶前对应各处理烟碱含量;铵硝比 97/3 处理烟碱含量显著大于 0/100 和 50/50 处

理,与 0/100 和 50/50 处理相比,增幅分别为 85.48%和 130.00%;上部叶打顶后铵硝比 97/3 处理烟碱含量显著大于 0/100 和 50/50 处理,与 0/100 和 50/50 处理相比,增幅分别为 85.71%和 136.36%。在中部叶打顶前后各处理烟碱含量趋势基本不变,打顶后上部叶烟碱含量高于打顶前对应各处理烟碱含量;铵硝比 97/3 处理烟碱含量显著大于 0/100 和 50/50 处理,与 0/100 和 50/50 处理相比,增幅分别为 123.68%



注:柱状图上的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。a为上部叶;b为中部叶。

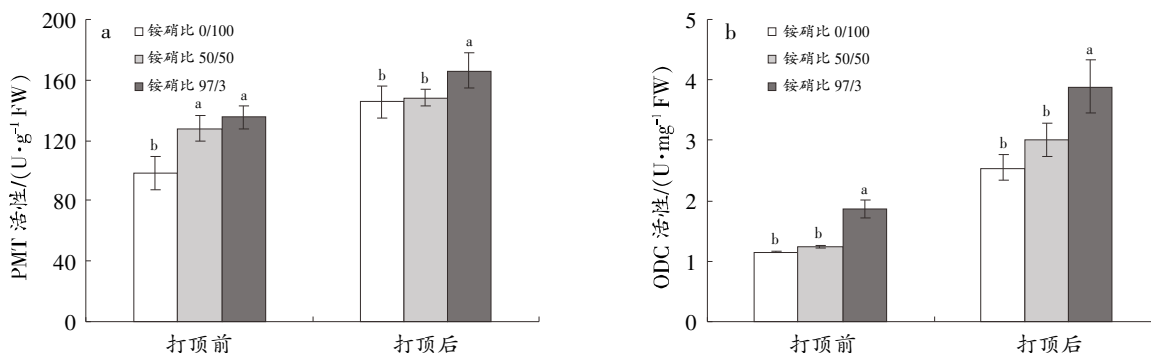
图1 不同氮形态对烤烟打顶前后烟碱分配的影响

和 183.33%。上部叶打顶后铵硝比 97/3 处理烟碱含量显著大于 0/100 和 50/50 处理,与 0/100 和 50/50 处理相比,增幅分别为 67.27%和 58.62%。

2.4 不同氮素形态对烤烟打顶前后根系 PMT 和 ODC 活性的影响

由图 2 可知,打顶前和打顶后 PMT 和 ODC 活性均随铵硝比升高而呈现增高趋势。打顶前铵硝比

50/50 和 97/3 处理 PMT 活性显著大于 0/100 处理,增幅分别为 29.76%和 36.96%;打顶后铵硝比 97/3 处理 PMT 活性显著大于 0/100 和 50/50 处理,增幅分别为 20.20%和 14.45%。打顶前铵硝比 97/3 处理 ODC 活性显著大于 0/100 和 50/50 处理,增幅分别为 62.61%和 50.81%;打顶后铵硝比 97/3 处理 ODC 活性显著大于 0/100 和 50/50 处理,增幅分别为 53.15%



注:a为PMT活性;b为ODC活性。

图2 不同氮素形态对烤烟打顶前后根系 PMT 和 ODC 活性的影响

和 29.24%。

3 结论与讨论

张伟等^[21]研究表明,氮素形态对旺长期和成熟期烟株节距、茎围、叶片数和叶面积指数均有显著影响。本研究结果表明,不同氮素形态仅对烟株旺长期株高、平顶期株高和最大叶长有显著影响,与张伟等研究结果不一致。这可能是由于试验地区气候不同,不同烤烟品种在不同气候条件下,对氮形态的响应不同造成的,氮形态对烟株发育的影响需要因地制宜,根据实际情况具体分析^[22]。同一烟株不同部位烟叶烟碱含量为上部叶>中部叶>下部叶^[23-24],本研究结果表明,打顶前、打顶后,不同氮形态处理条件下

烟碱含量均为上部叶大于中部叶,与前人研究结果一致,可见打顶及不同氮形态并不改变此规律。上部叶、中部叶各处理打顶后烟碱含量均高于打顶前,这与洪丽芳等^[25]的研究结果一致,因为打顶消除了烤烟的顶端优势,刺激了根系生长和养分吸收,改变了烟株的库源关系,促进了烟碱的积累^[26-27]。上部叶打顶前、打顶后叶片烟碱含量均表现为铵硝比 97/3>铵硝比 0/100>铵硝比 50/50,可见氮形态是决定烟碱含量的主要因素。中部叶打顶前叶片烟碱含量表现为铵硝比 97/3>铵硝比 0/100>铵硝比 50/50,打顶后铵硝比 50/50 处理烟碱含量增幅高于其他处理,可能是由于铵硝比 50/50 处理通过某个途径刺激了烟碱的

合成。本研究打顶前、后,上、中部叶烟碱含量均为铵硝比 97/3 处理最高,铵态氮更利于烟碱合成,这与前人^[15,28]的研究结果一致。

本研究结果表明,打顶前、后 PMT 和 ODC 活性均表现为铵硝比 97/3>铵硝比 50/50>铵硝比 0/100,表明铵态氮有助于促进烟碱合成。各处理 PMT 和 ODC 活性均为打顶后高于打顶前,与代晓燕等^[29]研究一致,可见打顶可以通过 PMT 和 ODC 促进烟碱合成。烟碱生物合成是代谢途径中多基因共同作用的结果,目前为烟碱合成提供吡咯烷环的主要途径为鸟氨酸通过鸟氨酸脱羧酶(ODC)作用合成腐胺,再由 PMT 和 MPO 酶的作用合成 N-甲基吡咯啉,这也是烟碱合成的主要途径^[30]。因此,各处理上部叶打顶前、后及中部叶打顶前烟碱含量趋势和 PMT、ODC 活性趋势不一致可能是由于不同氮形态处理通过其他合成途径影响烟碱合成。

铵硝比增高可以显著促进旺长期和成熟期烤烟株高。铵硝比不改变上部叶烟碱含量大于中部叶烟碱含量的规律,也不改变打顶促使烟碱含量升高的规律,铵硝比为 97/3 处理可以显著增高打顶前、后烤烟中、上部叶烟碱含量。铵硝比为 97/3 处理可以显著增高烤烟根系打顶前、后烟碱合成关键酶 PMT 和 ODC 活性。因此,铵硝比的升高可能通过烟碱合成关键酶 PMT 和 ODC 活性促进烟碱合成,进而提升烟草叶片烟碱含量。

4 参考文献

[1] 文柳璿,尹鹏嘉,任民,等.不同烤烟种质的烟碱含量与其农艺性状的相关性分析[J].分子植物育种,2019,17(18):6161-6168.

[2] 蒋勋,杨全柳,刘国祥,等.高烟碱烤烟种质资源再鉴定及遗传多样性分析[J].中国烟草科学,2021,42(4):1-8.

[3] 周伟,颜合洪.影响烤烟烟碱含量因素的研究进展[J].作物研究,2007,21(增刊1):715-718.

[4] 吴玉萍,高云才,刘玲,等.玉溪市烤烟 K326 烟碱、总糖含量和烟叶品质的分析[J].西南农业学报,2015,28(6):2763-2768.

[5] 王艳丽,王京,刘国顺,等.磷施用量对烤烟根系生理及叶片光合特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(2):410-417.

[6] 戚元成,刘卫群.烟碱生物合成分子机制的研究进展[J].

中国烟草学报,2011,17(1):87-94.

[7] 张洪博.烟草重要基因篇:3.烟草烟碱合成代谢相关基因[J].中国烟草科学,2014,35(3):117-120.

[8] CHATTOPADHYAY M K,GHOSH B.Molecular analysis of polyamine biosynthesis in higher plants[J].Current Science,1998,74(6):517-522.

[9] KATOH A,HASHIMOTO T.Molecular biology of pyridine nucleotide and nicotine biosynthesis[J].Frontiers in Bioscience: a Journal and Virtual Library,2004,9:1577-1586.

[10] WAGNER R,FETH F,WAGNER K G.The pyridine-nucleotide cycle in tobacco:enzyme activities for the recycling of NAD[J].Planta,1986,167(2):226-232.

[11] 徐晓燕,孙五三,李章海.烟碱的生物合成及控制烟碱形成的相关因素[J].安徽农业科学,2001,29(5):663-664.

[12] 范江,杨继洪,王守旗,等.打顶对烤烟生长和各器官烟碱积累分配的影响[J].作物研究,2016,30(1):36-40.

[13] 石秋梅,陶芾,李春俭,等.机械损伤对烤烟植株氮素吸收及体内烟碱含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(2):292-298.

[14] SAUNDERS J W,BUSH L P.Nicotine biosynthetic enzyme activities in *Nicotiana tabacum* L. genotypes with different alkaloid levels[J].Plant Physiology,1979,64(2):236-240.

[15] 谢志坚,涂书新,张嵌,等.影响烤烟烟碱合成与代谢的因素及其机理分析[J].核农学报,2014,28(4):714-719.

[16] 邱尧,周冀衡,黄劭理,等.打顶后氮素供应和腋芽生长互作对烤烟烟碱积累的影响[J].中国烟草科学,2016,37(4):19-23.

[17] 王威威,席飞虎,杨少峰,等.烟草烟碱合成代谢调控研究进展[J].亚热带农业研究,2016,12(1):62-67.

[18] 国家烟草专卖局.烟草农艺性状调查方法:YC/T 142—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.

[19] 王丽丽,汤朝起,王以慧,等.贺州晒黄烟主要生物碱含量与其评吸质量的相关性研究[J].中国烟草学报,2013,19(3):23-27.

[20] 罗斐,陆新莉,李朝阳,等.打叶留顶对烤烟上部叶和根系养分,烟碱及其合成酶的影响[J].核农学报,2017,31(10):2023-2031.

[21] 张伟,张映杰,雷彬,等.氮素形态对云烟 87 生长和品质影响研究[J].安徽农业科学,2015,43(19):52-54.

[22] 张杰,黄海棠,杨立均,等.氮素形态对烟草生长及品质影响的研究进展[J].中国农学通报,2018,34(15):38-43.

(下转第 31 页)

渍地块和泄洪区地块做好小麦晚播准备,科学选种,使用杀菌剂种子包衣,提高整地质量,增加播量,施足底肥,适当增加磷肥,促进小麦根系和分蘖增长。

4 防灾减灾能力增强措施

4.1 提高科学应对能力

“7·22”特大洪涝灾害发生后,安阳市紧急启用海河流域漳卫河系广润坡、崔家桥、小滩坡、长虹渠、白寺坡等5个蓄滞洪区,以保障防洪安全。灾后重建以小型水利工程改造提升、水利工程修复、薄弱环节建设性治理、水利重点防洪保障工程为重点,加快农业水利工程建设是减灾抗灾最有力的措施。遇到汛期,提前做好开沟排水疏导工作;遇到洪涝灾害,科学应对,及时补救。

4.2 采用农业保险进行风险分散

农业保险在应对自然灾害中发挥了有效的经济补偿职能。各级农业部门和保险公司积极宣传农业保险的相关政策和知识,更好地将农业保险普及给农民,提高农户的农业风险防范意识和参保意识,增强农业参与者风险防范技术水平,引导农户积极主动参保。

4.3 健全政府农业补贴政策

统筹用好各项救灾政策,完善利益补偿机制,针

对此次特大洪涝灾害,在免费供种的基础上,河南省财政补助750元/hm²的改种费用;通过政府购买服务的方式喷施叶面肥,河南省财政补助375元/hm²,并针对蓄滞洪区运用开展补偿工作。

4.4 完善防灾应急机制

政府相关部门制定完善自然灾害预警应急应对反应预案,总结“7·22”洪涝灾害预防、救助等工作中的不足和问题,进一步完善预案,农业部门加强应急物资储备,提高应对灾情能力。

4.5 采用多样化工具分散农业风险

积极组织金融机构,开展财政、农业、银行、担保政策联合支持农业恢复生产,帮助受灾新型农业经营主体和农户快速获得低成本金融支持,尽快恢复生产。

5 参考文献

- [1] 李仕国.四川地区玉米生产减灾技术措施[J].南方农业,2020,14(17):24-25.
- [2] 王成业.洪涝灾害对夏玉米生长发育及产量的影响[J].河南农业科学,2010,39(8):20-21.
- [3] 周乐乐.洪涝灾害后玉米受害状况及田间管理对策[J].农业灾害研究,2020,10(4):106-107.
- [4] 吴祖葵.我国玉米自然灾害特征与防范措施研究[D].北京:中国农业科学院,2017.
- (上接第15页)
- [23] 朱佩,张继光,薛琳,等.不同质地土壤上烤烟氮素积累、分配及利用率的研究[J].植物营养与肥料学报,2015,21(2):362-370.
- [24] 朴世领,李树利,金香花.烟草烟碱调控技术研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(25):7873-7874.
- [25] 洪丽芳,付丽波,赵宗胜,等.烤烟钾素库源关系生理调控措施研究[J].植物营养与肥料学报,2001,7(4):404-409.
- [26] 许自成,张婷,马聪,等.打顶后烤烟叶片酶活性,钾及烟碱含量的调控技术研究[J].植物营养与肥料学报,2006,12(5):701-705.
- [27] 张丹,刘国顺,章建新,等.打顶时期对烤烟根系活力及烟碱积累规律的影响[J].中国烟草科学,2006(1):38-41.
- [28] 唐伟杰,何飞飞,周冀衡,等.不同形态氮肥在稻田土壤中的变化规律及对烤烟生长和烟碱含量的影响[J].作物研究,2009,23(1):30-34.
- [29] 代晓燕,苏以荣,魏文学,等.打顶对烤烟烟碱累积和烟碱合成关键酶基因表达调控研究[C]//中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会论文集:上.北京:中国农业大学出版社,2008.
- [30] 罗俊,周宏,钱发聪,等.遮阴对烤烟烟碱合成调控的影响[J].中国农业科技导报,2022,24(2):115-123.