

烟草品质生理 及其调控研究

Yancao Pinzhi Shengli
Jiqi Tiaokong Yanjiu

● 陈建军 吕永华 王维 著

华南理工大学出版社

烟草

品质生理 及其调控研究

Yancao Pinzhi Shengli
Jiqi Tiaokong Yanjiu

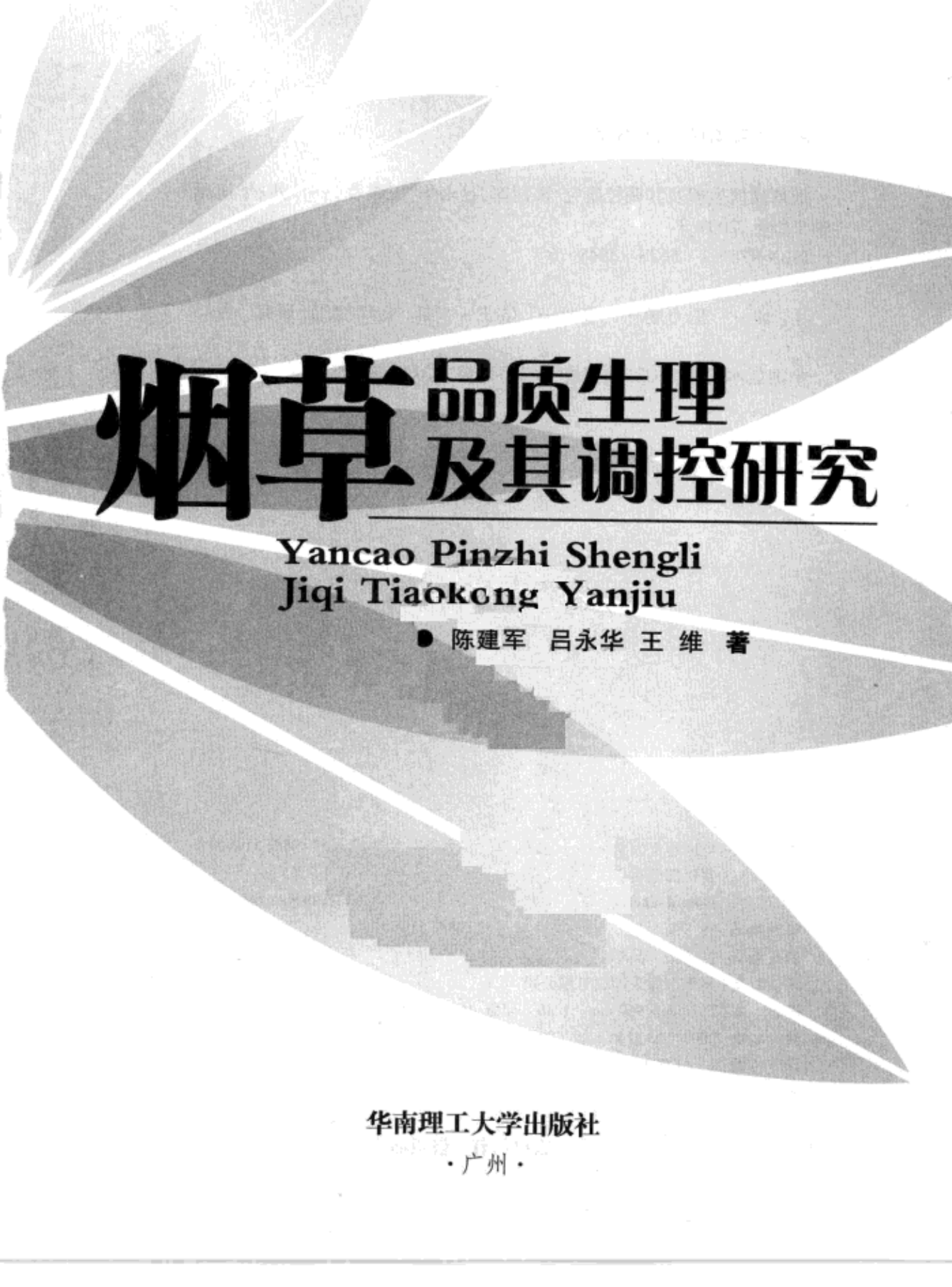
责任编辑：兰新文 易翠微
封面设计：郑传志 侯少玲

ISBN 978-7-5623-3048-6



9 787562 330486 >

定价：32.00元



烟草品质生理 及其调控研究

Yancao Pinzhi Shengli
Jiqi Tiaokong Yanjiu

● 陈建军 吕永华 王维 著

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

烟草品质生理及其调控研究/陈建军,吕永华,王维著. —广州:华南理工大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-5623-3048-6

I. 烟… II. ①陈… ②吕… ③王… III. 烟草-栽培-研究 IV. S572

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 213112 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

营销部电话:020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: z2cb@scut.edu.cn <http://www.scutpress.com.cn>

策划编辑:乔丽

责任编辑:兰新文 吴翠微

印刷者:惠州市海天印刷有限公司

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:16.75 字数:380千

版次:2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

印数:1~1000册

定价:32.00元

版权所有 盗版必究

本研究得到广东省烟草公司（专卖局）科技计划项目“优质烤烟品质形成的生理机理及其调控研究（粤烟科〔2003〕17号，合同号：200301）”，“烤烟早花对品质形成的影响及其调控技术研究（粤烟科〔2004〕26号，合同号：200403）”资助

前 言

提高和改善烟叶品质一直是烟叶生产和烟草科学研究关注的焦点。在广东省烟草公司（专卖局）科技计划项目基金资助下，从2003年开始，华南农业大学烟草研究室与广东省烟草公司（专卖局）烟叶管理处（曾称烟叶生产购销公司）、广东省烟草南雄科学研究所等单位共同合作，针对优质烟形成的碳氮代谢机制及其调控措施、优质烟烘烤理论和技术、烤烟早花发生的生理成因等关键问题开展了大量的微观研究工作，获得的主要研究成果在生产实际中得到了证实和发展，在近几年的推广应用中取得了很好的社会效益和经济效益。

本研究提出以协调烟叶碳氮代谢为中心的水肥调优、驳枝留叶、激素化控、烘烤调节等技术理论体系，都是作者通过不断研究和实践提炼出来的，并最终归结到优质特色烟生产和解决南方烟区烤烟早花这一带有方向性问题上来。为了促进该成果的转化与推广，作者把这一研究成果撰写成学术专著——《烟草品质生理及其调控研究》，希望本书的出版不仅在理论上丰富人们对优质烟品质生理形成过程的认识，而且能为广东乃至全国优质特色烟叶的生产技术水平起到积极的指导和推动作用。

本书一共有7章，具体分工为：第1章由陈建军、邓世媛、凌寿军编写，第2章由陈建军、郑荣豪、邱妙文、李敏华编写，第3章由陈建军、莫木光、张金霖、郑智钢编写，第4章由陈建军、陈雨峰、王军、周瑞编写，第5章由吕永华、陈建军、宋淑

芳编写，第6章由王维、李斌、任竹编写，第7章由王维、陈泽鹏、陈永飞编写。全书由陈建军、吕永华、王维拟定撰写大纲，并负责统稿、修改和定稿。

本书最突出的特点是内容新颖、系统，全面系统地反映了作者在烟草品质形成生理及其调控措施等方面取得的主要研究成果，理论与实践相结合，内容十分丰富，可作为烟草教育、科研、生产部门人员的参考用书。

在项目实施和研究成果成书过程中，广东省烟草公司（专卖局）、广东省烟草南雄科学研究所、华南农业大学等单位领导以及有关同志给予了大力支持和协作，广东省烟草公司（专卖局）科技教育处潘伟才、卢伟光、陈伟明先生提供了很多指导和帮助，这些都是完成项目研究任务的重要保证，也才有了这本书的出版；在本书编写过程中，参阅了大量国内外文献，列于书后，在此一并向上述单位、有关人员致以最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中存在的错误和疏漏之处，敬请广大读者和烟草界同行批评指正，以帮助我们今后的科研工作做得更好。

著 者

2009年2月于广州

目 录

第1章 不同氮素营养水平下烤烟对干旱胁迫的反应和适应性研究	(1)
1.1 水氮互作条件下烤烟生长发育与生理代谢过程的研究现状	(1)
1.2 研究材料与方法	(4)
1.2.1 试验材料与试验地背景	(4)
1.2.2 试验处理与方法	(5)
1.3 研究结果与分析	(5)
1.3.1 不同土壤水分下氮素营养对烤烟叶片水分状况的影响	(5)
1.3.2 不同土壤水分下氮素营养对烤烟叶片光合作用的影响	(8)
1.3.3 不同土壤水分下氮素营养对烤烟细胞膜系统的影响	(10)
1.3.4 不同土壤水分下氮素营养对烤烟叶片有机物质积累的影响	(14)
1.3.5 不同土壤水分下氮素营养对烤烟叶片氮代谢的影响	(16)
1.3.6 不同土壤水分下氮素营养对烤烟干物质积累与分配的影响	(18)
1.4 研究讨论与总结	(20)
1.4.1 干旱胁迫下增施氮素营养改善了烤烟叶片水分状况	(20)
1.4.2 干旱胁迫下增施氮素营养对改善烤烟叶片光合特性具有促进作用	(21)
1.4.3 干旱胁迫下增施氮素提高了烤烟叶片细胞膜系统稳定性	(22)
1.4.4 干旱胁迫下增施氮素提高了烤烟叶片渗透调节能力	(24)
1.4.5 干旱胁迫下增施氮素提高了烤烟叶片氮代谢的能力	(26)
1.4.6 干旱胁迫下增施氮素改变了烤烟干物质积累及分配模式	(27)
第2章 施氮水平和移栽期对烤烟碳氮代谢及其产质量的影响	(35)
2.1 氮素供应和移栽期对烤烟生理代谢和品质形成过程的影响研究进展	(35)
2.2 研究材料与方法	(37)
2.2.1 试验材料与土壤背景	(37)
2.2.2 试验设置与方法	(37)
2.3 研究结果与分析	(38)
2.3.1 叶片含水量和叶绿素含量的变化	(38)
2.3.2 硝酸还原酶(NR)活性变化特征	(40)
2.3.3 对烟叶汁液浓度的影响	(41)
2.3.4 烟叶内在化学成分的影响	(42)
2.3.5 对物氮比的影响	(46)

2.3.6 对烘烤后烟叶质量特征的影响	(48)
2.4 研究结论与总结	(52)
2.4.1 不同移栽期下施氮水平与烟叶碳氮代谢的关系	(52)
2.4.2 碳氮协调性易测指标的选择	(53)
2.4.3 物氮比与烟叶碳氮代谢协调性的关系	(53)
2.4.4 烟叶淀粉、烟碱含量高的生理原因	(55)
2.4.5 不同移栽期下施氮水平与烟叶内在化学成分的关系	(55)
第3章 驳枝和追肥对早花烤烟生理特性和品质的影响	(61)
3.1 烤烟早花、碳氮代谢与烟叶品质生理的研究进展	(61)
3.1.1 烟草吸氮及生长发育特征研究进展	(61)
3.1.2 烟草早花研究进展	(64)
3.2 研究材料与方法	(66)
3.2.1 试验材料与土壤背景	(66)
3.2.2 试验设置和方法	(66)
3.3 研究结果与分析	(67)
3.3.1 烤烟生育期天气状况	(67)
3.3.2 早花烤烟的氮、磷、钾吸收规律	(68)
3.3.3 驳枝和追施氮肥对成熟期烟叶部分生理指标的影响	(71)
3.3.4 驳枝和追施氮肥对烤烟成熟期烟叶含氮化合物的影响	(80)
3.3.5 驳枝和追施氮肥对成熟期烟叶中部分碳水化合物的影响	(91)
3.3.6 驳枝和追施氮肥对烘烤后烟叶化学成分及其协调性的影响	(94)
3.3.7 驳枝和追施氮肥对早花烤烟形态指标的影响	(103)
3.3.8 驳枝和追施氮肥对早花烤烟经济性状的影响	(104)
3.4 研究结论与总结	(106)
3.4.1 早花烤烟的氮、磷、钾吸收规律和氮、磷、钾、干物质积累规律	(106)
3.4.2 驳枝和追施氮肥对早花烤烟农艺性状和产量、产值的影响	(106)
3.4.3 烟草早花较优补救措施的选择	(107)
3.4.4 驳枝和追施氮肥对早花烤烟成熟期氮代谢的影响	(107)
3.4.5 驳枝和追施氮肥对早花烤烟成熟期碳代谢的影响	(108)
第4章 移栽苗龄对烤烟碳氮代谢及品质形成的影响	(114)
4.1 移栽苗龄对烤烟生长发育及生理代谢的影响研究进展	(114)
4.1.1 对烤烟根系活力和开花的影响	(114)
4.1.2 对烤烟抗病性的影响	(115)
4.1.3 对烤烟产量和品质的影响	(116)
4.1.4 烤烟碳氮代谢和品质形成的关系	(116)

4.1.5 烤烟主脉的研究进展	(117)
4.2 研究材料与方法	(118)
4.2.1 试验材料与土壤背景	(118)
4.2.2 试验设计与方法	(118)
4.3 研究结果与分析	(119)
4.3.1 苗龄对烤烟烟苗素质的影响	(119)
4.3.2 苗龄对烤烟现蕾期及有效叶数的影响	(120)
4.3.3 苗龄对烤烟烟叶及主脉叶绿素含量的影响	(121)
4.3.4 苗龄对烤烟碳氮代谢关键酶活性的影响	(123)
4.3.5 苗龄对烤烟叶片及主脉含氮化合物的影响	(126)
4.3.6 苗龄对烤烟叶片及主脉碳水化合物化合物的影响	(137)
4.3.7 苗龄对烤后烟叶品质的影响	(142)
4.4 研究结论与总结	(145)
4.4.1 叶片碳氮代谢与主脉碳氮代谢之间的关系	(145)
4.4.2 苗龄与烤烟碳氮代谢之间的关系	(145)
4.4.3 不同苗龄下的烤烟碳氮代谢特征与烤烟品质之间的关系	(147)
4.4.4 不同苗龄条件对烤烟品质形成的作用机理	(148)
第5章 留叶数对烤烟碳氮代谢及品质形成的影响	(153)
5.1 烤烟品质形成的生理研究进展	(153)
5.2 研究材料与方法	(158)
5.2.1 试验材料与土壤背景	(158)
5.2.2 试验设计与方法	(158)
5.3 研究结果与分析	(158)
5.3.1 留叶数对大田烟株主要农艺性状的影响	(158)
5.3.2 留叶数对烤烟成熟期间烟叶干物质积累的影响	(159)
5.3.3 留叶数对烤烟成熟期间主脉汁液浓度的影响	(160)
5.3.4 留叶数对烤烟成熟期间叶片色素含量的影响	(160)
5.3.5 留叶数对烤烟成熟期间叶片碳氮代谢相关酶活性的影响	(163)
5.3.6 留叶数对烤烟成熟期间叶片化学成分含量的影响	(167)
5.3.7 留叶数对烤后烟叶化学成分及品质的影响	(176)
5.3.8 留叶数对烤后烟叶产量产值的影响	(179)
5.4 研究结论与总结	(180)
5.4.1 留叶数与碳氮代谢的关系	(180)
5.4.2 留叶数影响烟叶品质的生理机理	(181)
5.4.3 烟叶由以氮代谢为主转为以碳代谢为主的标志	(183)

第6章 外源赤霉素对烤烟品质形成的影响	(189)
6.1 赤霉素在植物生长发育过程的生理功能研究进展	(189)
6.1.1 赤霉素打破种子和芽休眠的生理功能	(189)
6.1.2 赤霉素对植物生长发育的影响	(190)
6.1.3 赤霉素对植物产量和品质的影响	(192)
6.2 研究材料与方法	(192)
6.2.1 试验材料与土壤背景	(192)
6.2.2 试验设置与方法	(193)
6.3 研究结果与分析	(193)
6.3.1 外源赤霉素处理对烤烟碳氮代谢关键酶活性的影响	(193)
6.3.2 外源赤霉素处理对烟叶叶绿素(Chl)含量的影响	(196)
6.3.3 外源赤霉素处理对烟叶代谢协调性的影响	(196)
6.3.4 外源赤霉素处理对烟叶化学成分的影响	(199)
6.3.5 外源赤霉素处理对烤后烟叶产质量的影响	(210)
6.4 研究结论与总结	(213)
6.4.1 外源赤霉素使烤烟氮代谢强度减弱,叶片叶绿素和烟碱含量降低	(213)
6.4.2 外源赤霉素可明显提高淀粉酶活性,促进烤烟碳水化合物的分解	(214)
6.4.3 外源赤霉素有利于促进优质烤烟的形成	(214)
6.4.4 外源赤霉素在烤烟生产上的应用可行性评价	(214)
第7章 不同烘烤条件下烤烟碳氮代谢与品质的关系	(219)
7.1 烘烤过程烟叶的碳代谢特征与烟叶品质关系的研究进展	(219)
7.2 研究材料与方法	(222)
7.2.1 试验材料与试验背景	(222)
7.2.2 试验处理和方法	(223)
7.3 研究结果与分析	(223)
7.3.1 烘烤条件对变黄期烤烟碳氮代谢关键酶活性的影响	(223)
7.3.2 烘烤条件对变黄期烟叶及主脉含水量和叶绿素含量的影响	(226)
7.3.3 烘烤条件对变黄期烟叶化学成分的影响	(230)
7.3.4 烘烤条件对变黄期烟叶化学成分协调性的影响	(238)
7.3.5 烘烤条件对烤后烟叶品质的影响	(243)
7.4 研究结论与总结	(247)
7.4.1 优质烟叶烘烤过程中变黄期碳氮代谢变化规律	(247)
7.4.2 烘烤过程中烤烟碳氮代谢与品质的关系	(248)
7.4.3 烘烤条件对烟叶品质的作用机理	(249)

第1章 不同氮素营养水平下烤烟对干旱胁迫的反应和适应性研究

1.1 水氮互作条件下烤烟生长发育与生理代谢过程的研究现状

烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) 属于双子叶植物茄科烟草属, 是一种喜光喜温的热带亚热带作物。我国的烤烟种植面积和产量均居世界第一位, 但烤烟出口量仅占世界各国出口量的 4%, 其原因主要是我国的烤烟质量太低 (曹志洪等, 1986)。除了品种因素外, 烟叶质量还受到生产中多种因素的影响, 而水分和营养则是其中两个最主要的限制因子。

烟草虽然是比较耐旱的作物, 但其生长和品质形成过程中对水分的要求却很高 (周冀衡等, 1999)。土壤干旱对烟草的生长发育、生理生化过程 (韩锦峰等, 1994; 赵会杰等, 1993; 张晓海等, 2005)、产量和品质 (韩锦峰等, 1994; 孙志英等, 2003; 王军等, 2004) 等都有显著影响。要获得优质烟叶, 必须在烟草生长过程中保持适宜而充沛的水分 (汪耀富等, 1994; 周冀衡等, 1999), 但我国大部分烟区缺乏灌溉条件, 每年都有因干旱造成的烟叶产量和品质下降的情况发生 (韩锦峰等, 1994)。

氮素作为作物生长的物质来源, 是烟草体内许多有机化合物如蛋白质、核酸、烟碱、叶绿素、酶及各种氨基酸的组成成分, 是烤烟的生长发育、光合作用、化学成分及产量等方面的最重要的营养元素 (Rawson 等, 1974; Court 等, 1984; 陈义强等, 2008)。不管植烟土壤类型如何、含氮量多少, 要得到适产优质的烟叶, 都必须施用氮肥, 关键是施氮量的多少 (胡国松, 2000)。

尽管植物根系吸收水分和养分是两个独立的过程, 然而由于水分的有效性影响着整个土壤的微生物、物理以及植物生理过程, 使得土壤水分和养分密切而又复杂地联系在一起 (Viets, 1972)。早在 20 世纪 80 年代, 旱地土壤水肥关系的研究就已经得到国际干旱农业研究中心的重视, 将“土壤水分和养分研究” (SWAN, Soil Water and Nutrient) 列入农作制度研究项目, 并指出: 气候、土壤养分和水分是农业生产力的决定因素, 弄清它们之间的相互关系及其对作物生长的影响, 对农业生产力的提高极其重要。

干旱是一个全球性问题, 遍及 50 多个国家和地区, 给农业生产带来的损失相当于其他自然灾害的总和 (汤章城, 1983; 成富云, 2002; 王计川等, 2008)。我国是一个水资源十分短缺的国家, 干旱缺水地区面积占国土面积的 52%, 而这些地区的耕地面积占全

国的 64%，每年受旱面积达 $(200\sim 270) \times 10^4 \text{ hm}^2$ (李广敏, 关军锋, 2001)，即使非干旱地区，也经常受到阶段性或难以预期的干旱的侵袭，严重阻碍了农业生产的发展。干旱对植物的影响表现在植物生长发育的各个阶段，如萌发、营养生长和生殖生长，直到具体的生理代谢过程，如细胞生长、细胞壁合成、光合作用、呼吸作用、碳氮代谢、水分和营养元素的吸收和运输、酶的活力以及植物体内某些有机物的消长等 (王洪春, 1981; 汤章城, 1983; 朱成立等, 2003; 刘贞琦等, 1995; 肖金香等, 2007)。

氮素是作物生长必需的首要元素，也是旱地土壤最缺乏的营养元素，在水分条件受到限制时，对作物的生长发育和生理代谢过程具有十分重要的作用。氮素营养和水分胁迫关系的研究一直是旱地农业研究中的重点，目前已在生长生理、水分生理、光合生理、代谢生理及渗透调节等方面取得了较大的进展。

在土壤水分有限的条件下，营养亏缺对植物有不利影响 (Aron, 1975)，养分的有效性及其利用率都降低 (Viets, 1972; Begg 等, 1976)。施肥能提高作物的耐旱能力 (Lahiri 等, 1973; Tesha 等, 1978)，有利于改善作物体内的水分状况 (山仑, 1985; 张殿忠等, 1988)，在植物的逆境适应方面有重要作用 (Jones 等, 1980)，能补偿干旱胁迫对作物生长产生的不良效应 (李广敏等, 2001)。但 Bhan 等 (1970) 指出，施肥引起植物较早的营养阶段水分用量增加，而造成生育后期水分胁迫的加重，反而产生不利影响，杜建军等 (1999) 也有类似的研究结论。

普遍认为，施 N 肥能促进植物的根系发育，增加根系长度、密度和重量，使根系的吸水能力增强、吸水深度增加，从而提高对土壤水分的利用效率 (Smith, 1954; Ramig, 1963; Broun, 1972; 杨文治, 1983; 汪耀富等, 1994; 张立新等, 1996)。随着水分胁迫的加重，少量增施 N 肥对小麦幼苗的根系生长有促进作用，但是过量反而表现为负效应 (梁银丽等, 1995)。营养元素的施用同时也促进了植物地上部的生长，减少了干旱胁迫对植物的生长速率、叶面积、株高及产量的抑制效应，而表现为增大叶面积、促进生长和干物质积累 (Tesha 等, 1978; 薛青武等, 1990; 赵立新等, 1991; 徐萌等, 1991; 张岁岐等, 1995, 1996, 1998; 陈建军等, 1996; 汪邓民等, 1998; 孙群等, 1998; 王同朝等, 2000)。Lahiri 等 (1973) 报道，珍珠稗 (*Pennisetum typhoides*) 的植株高度、分蘖数、叶片数、产量等指标因干旱所引起的减少量可被较高的土壤 N 所制止，许旭旦 (1985) 对小麦、丛生菜豆、绿豆及乌头菜豆等植物的研究也得到了类似的结果。但梁银丽和陈培元 (1995) 认为，施 N 的土壤水分有效性界限为土壤相对含水量 (SRWC) 是 46.5%，低于或高于此值时施 N 对小麦叶面积具减效作用。

强大的根系是植物抵御干旱的一种主要方式 (Turner, 1986)，而根/冠比则在协调植物地上部和地下部生长、吸水与失水平衡方面起着重要作用 (徐萌等, 1989; 张岁岐等, 1995)。一些研究结果表明，干旱胁迫下 N 素对地上部生长的促进作用大于对根系的促进作用 (汪耀富等, 1994)，而使根/冠比值减小 (Yambao 等, 1984; 徐萌等,

1991; 张岁岐等, 1995; 杨建昌等, 1996), 但李英等 (1991) 报道, 施 N 使小麦的根/冠比增大, 孙群等 (1998) 发现水分胁迫下 N 素水平高低对玉米的根/冠比影响不明显。

氮素营养对植物在干旱逆境下的水分生理有重要影响, 但因土壤水分状况的不同而有很大差异。正常供水和轻度水分胁迫时, N 素营养对作物根系和叶片水势 (Ψ_w) 的提高有正效应, 中度胁迫下没有明显作用, 严重水分胁迫时, 增施 N 肥加速了土壤水分环境恶化, 明显降低了植株 Ψ_w , 表现为负效应 (李英等, 1991; 陈建军等, 1996; 梁银丽等, 1996; 杜建军等, 1999; 李秧秧等, 2000)。张岁岐等 (1995) 报道, 严重干旱时施 N 增强了叶片保水力, 施肥处理的叶片相对含水量 (LRWC) 高于不施肥处理, 与李英等 (1991)、徐萌等 (1991) 的研究结果类似。薛青武等 (1990) 发现严重胁迫时 LRWC 与叶片 Ψ_w 的变化趋势一致, 高氮处理叶片的降低幅度大于低氮处理的。

水分充足时, 提高氮素水平对植物光合作用有显著的促进作用 (Hunt 等, 1985), 但研究者们对干旱条件下 N 素营养对光合作用的影响意见不一。玉米 (Jones 等, 1986; Bennett 等, 1986)、棉花 (Radin 等, 1981)、茶树 (Nagarajah, 1981) 等植物的高氮植株在干旱胁迫下光合速率降低的幅度小, 能维持较高的光合作用, 而小麦 (Morgan, 1984, 1986)、水稻 (Ishihara 等, 1986)、菜豆 (Shimishi, 1970) 等植物高氮植株在干旱胁迫下光合速率的 RuBP 羧化酶活性降低幅度较大。干旱条件下氮素营养对植株 Pn 的影响与干旱程度和施氮水平有关。水分亏缺时, 氮肥能提高叶片 Pn (薛青武等, 1990; 李英等, 1991; 杜建军等, 1999; 李世清等, 2000), 且随着施 N 量的增加而增大 (张岁岐等, 1995)。轻度水分胁迫时, HN 对光合作用的促进明显, Pn 和 Gs 均大于 LN 叶片, 但中度和严重胁迫时, HN 叶片 Pn 的降低幅度大, Gs 明显小于 LN (薛青武等, 1990; 陈建军等, 1996), 因此张岁岐等 (1995) 认为严重干旱时施 N 影响 Pn 的主要因素不是气孔, 而是光合能力。上官周平 (1997) 报道, 干旱时小麦的 Pn 主要受制于非气孔因素, 施 N 会加剧干旱对叶绿体光合能力的抑制, 与 Berkowitz 等 (1982) 得出的 N 素营养能够削弱水分胁迫下光合作用受非气孔因素限制的结论不一致。

施肥能够提高干旱条件下植物叶片的渗透调节能力 (李英等, 1991; 陈建军等, 1996; 张岁岐等, 1999), 因此作物可以通过降低自身渗透势 (Ψ_s) 使叶片维持一定的膨压, 以利于干旱条件下的正常生理代谢过程 (李广敏等, 2001)。但 Morgan 认为低氮水平叶片的 Ψ_s 更低, 因而能维持更大的膨压, 李秧秧等 (2000) 也报道, 高氮处理只是在水分胁迫前期能够维持较高的根膨压, 而胁迫后期根膨压显著降低。徐萌等 (1991) 指出, 土壤含水量 (SWC) 占最大毛管持水量的 20%~40% 范围内, 施肥小麦的渗透调节能力显著大于不施肥小麦, 但 SWC 高于或低于此值时则差异不明显。

提高氮素营养可以减缓水分胁迫引起的植物氮代谢紊乱, 氮素对植物氮代谢的调节方式是: N 素 $\xrightarrow{\text{提高}}$ 蛋白质含量 $\xrightarrow{\text{改善}}$ 水分状况 $\xrightarrow{\text{调节}}$ 酶活性 $\xrightarrow{\text{减缓}}$ N 代谢紊乱 (张殿忠等,

1988)。氮素营养的增加使缺水植株的蛋白酶、肽酶及核糖核酸酶活性降低,从而维持较高的蛋白质水平和 NR 活性(李英等,1991;康玲玲等,1998),增加总吸 N 量和叶绿素含量(樊小林等,1998;孙群等,1998),促进 Pro 的积累(陈培元等,1987;李英等,1991;徐萌等,1991;陈建军等,1996),并使游离氨基酸大量积累的土壤水分临界值降低,从而使植物能够经受更严重的水分胁迫(张殿忠等,1988)。

氮素营养和水分胁迫对植物水分状况、光合作用等的影响最终表现在水分利用效率(WUE)上(杜建军等,1999),它反映了农业生产中作物的能量转化效率(李广敏等,2001)。Arnon(1975)早就指出,旱地农业中,植物营养的基本问题就是如何在水分受限制的条件下合理使用肥料,以提高水分利用效率,杜建军等(1999)也认为施肥的增产作用是以提高水分的有效利用为基础的。施肥处理的 WUE 普遍高于不施肥处理,营养缺乏对植物同化作用和生长等过程的影响大于其对水分消耗的影响,因而导致了 WUE 的降低(徐萌等,1991)。干旱时施 N 肥使冬小麦单叶 WUE 和群体 WUE 分别提高了 33.3%~55.7% 和 13%,水分胁迫导致的叶片短时 WUE 的减少可以通过增施 N 肥得到部分补偿(杜建军等,1999;李世清等,2000)。但有人指出,干旱时 WUE 在一定范围内与施 N 量呈正相关,但达到某一峰值后便下降,呈抛物线的变化趋势(梁银丽等,1995,1996),严重水分亏缺削弱了 N 肥对提高 WUE 的作用,因而严重胁迫时过量的 N 肥无益于 WUE 的提高(张岁岐等,1995)。

上述已有的相关研究主要集中在小麦、玉米等作物上,而干旱和氮素营养对烟草生长和生理影响的研究极少。本研究旨在通过对不同烤烟品种在干旱胁迫下进行不同氮素水平处理,从水分和营养生理角度来研究氮素营养对水分亏缺时烤烟生理代谢和生长发育的影响。通过对干旱胁迫下烤烟水分状况、光合速率、渗透调节物质积累、细胞膜系统、氮素代谢及干物质积累与分配的研究,探讨氮素营养在烤烟水分生理、光合作用、渗透调节、生物膜伤害、物质代谢及生长发育中的作用,揭示干旱胁迫下氮素营养与烤烟生长发育及生理代谢的内在联系和不同氮素水平下不同烤烟品种对干旱胁迫的反应,寻求在干旱胁迫下通过氮素营养的调节来减轻干旱危害的途径,为烟草生产提供理论依据和参考。

1.2 研究材料与方法

1.2.1 试验材料与试验地背景

通过预备试验并选取 2 个具有不同抗旱能力的烤烟品种:抗旱性较强的 RG11 和抗旱性较弱的 NC82。试验于 2001—2002 年在华南农业大学农学院烟草基地大棚内进行,烤烟种子由广东省南雄烟草研究所提供。供试土壤采自华南农业大学教学实验场,其基本理化性质:田间最大持水量 20.085%,容重 $1.425\text{g}/\text{cm}^3$, pH5.93,有机质 1.673%,

全氮 0.103%，速效氮 57.8mg/kg，速效磷 88.4mg/kg，速效钾 114.2mg/kg。

1.2.2 试验处理与方法

本试验设2个品种（RG11和NC82）、3个氮素水平（低氮、中氮和高氮），共6个处理，每处理15盆，3次重复，共270盆，完全随机排列。采取逐渐干旱的方式进行水分胁迫处理，控制土壤水分从最大田间持水量的75%按每天2%的降幅逐渐降至30%，然后复水至75%。

氮素水平处理：低氮（LN，不施氮肥），中氮（MN，7.5g纯N/盆，即适宜施氮量），高氮（HN，10.5g纯N/盆）。中氮水平以实际生产中9kg纯N/1200株为标准换算，高氮水平在中氮水平的基础上增加40%，各处理磷、钾肥一致，以中氮水平为标准按N:P₂O₅:K₂O=1:1:2配肥，N肥用NH₄NO₃、磷肥用KH₂PO₄、钾肥用K₂SO₄，所有肥料在移栽前装土时均匀拌入土中一次性施入，以后不再追肥。

将生长一致的8叶龄烟苗移栽至上口径29cm、下口径23cm、高29cm、装土15kg的塑料桶中，每盆1株。保持正常供水即土壤相对含水量75%（SRWC，用土壤绝对含水量与田间持水量的比值表示）至旺长期，待SRWC一致时进行干旱胁迫处理，用称重法控制SRWC从75%依次下降至60%、50%、40%、30%，然后复水至75%，每天称重并补给水分达到规定水平（对照组一直保持土壤相对含水量75%，供生物量测定）。每个样品含水量测定平时于上午8:30取样，用冰壶保存并迅速送回实验室进行材料处理（硝酸还原酶活性测定取样在上午10:00，水势测定取样在上午12:00），每次选取生长一致的烟株、取自上而下的第3~6片叶作为测定材料。

预备试验于2001年7月15日浸种催芽，7月18日播种，9月5日移栽，9月25日开始取样测定。第一次试验于2002年4月6日浸种催芽，4月9日播种，6月3日移栽，7月23日开始取样测定。第二次试验于2002年8月6日浸种催芽，8月9日播种，10月26日移栽，12月17日开始取样测定。测定项目主要包括部分生长发育及其抗性指标。

1.3 研究结果与分析

1.3.1 不同土壤水分下氮素营养对烤烟叶片水分状况的影响

1.3.1.1 对叶片水势（ Ψ_w ）的影响

图1-1表明，正常供水条件下，两品种各氮素水平处理间的叶片 Ψ_w 差异均不明显，随着土壤水分含量的逐渐下降，各处理的叶片 Ψ_w 呈下降趋势，至SRWC 30%时降到最低值。轻度至中度胁迫（SRWC 60%~50%）时，各氮素水平处理的叶片 Ψ_w 缓慢下降，施氮处理的叶片 Ψ_w 略高于不施氮处理，且MN>HN>LN。中度以上干旱胁迫

(SRWC 50%~30%) 时, 叶片 Ψ_w 发生了较大的变化, 施氮处理叶片 Ψ_w 的降低幅度 (RG11: MN53.33%、HN46.88%; NC82: MN71.43%、HN66.67%) 显著大于不施氮处理 (RG11: 17.65%; NC82: 40.63%), 且叶片 Ψ_w 的大小为 LN > MN > HN, 说明严重水分胁迫下低氮处理的烤烟叶片有较高的叶片 Ψ_w 。

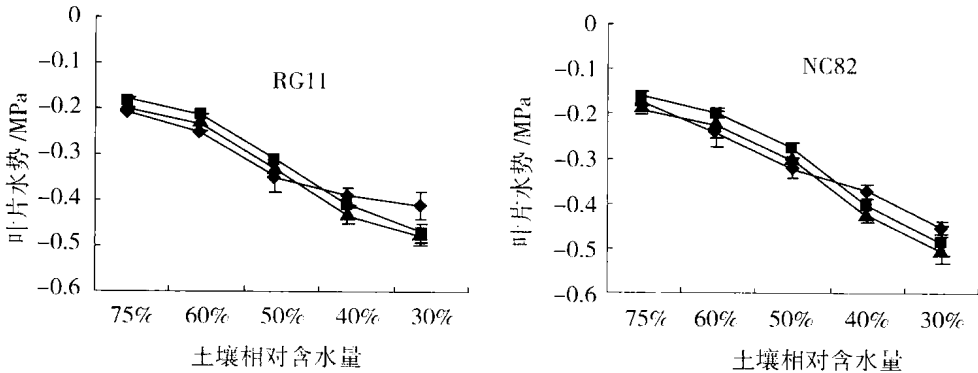


图 1-1 干旱胁迫下氮素营养水平对不同烤烟品种叶片水势的影响

◆—LN ■—MN ▲—HN

从图 1-1 看出, 正常供水时, NC82 叶片 Ψ_w 大小是 MN > LN > HN, 与 RG11 的 MN > HN > LN 略有不同。在 SRWC 75%~40% 范围时, 两品种各氮素水平处理的叶片 Ψ_w 差异极小, 严重胁迫下 (SRWC 30%), RG11 各氮素水平处理的叶片 Ψ_w 明显高于 NC82, 且 SRWC 40%~30% 时, RG11 各处理叶片 Ψ_w 的下降幅度 (LN5.26%、MN15%、HN11.90%) 显著低于 NC82 (LN21.62%、MN20%、HN19.05%)。SRWC 30% 时, RG11 施氮与不施氮处理之间的叶片 Ψ_w 达到显著差异, 但 NC82 只是 LN 与 HN 处理之间差异显著, 而 LN 与 MN 及 MN 与 HN 处理之间没有达到显著差异。整个干旱胁迫期间, RG11 各氮素水平处理叶片 Ψ_w 的降幅 (LN14.29%、MN17.59%、HN16.11%) 明显低于 NC82 (LN15.29%、MN20%、HN17.73%), 说明 RG11 的叶片 Ψ_w 受干旱胁迫的影响比 NC82 小。

1.3.1.2 对相对含水量 (LRWC) 的影响

叶片相对含水量 (LRWC) 是衡量植物耐旱性的一个重要指标。图 1-2 表明, 供水充足和轻度水分亏缺时, 氮素水平处理对两个烤烟品种的 LRWC 均没有明显影响。中度以上水分胁迫 (SRWC 50%~30%) 时, 两品种的 LRWC 都是 MN > HN > LN, MN 和 HN 之间差异极小, 但明显高于 LN 处理, 且在此水分范围内, 不施氮处理的 LRWC 降低幅度明显大于施氮处理 (RG11: LN31.75%、MN23.21%、HN23.00%; NC82: LN31.95%、MN23.59%、HN26.12%)。SRWC 30% 时各处理的 LRWC 降到最低, 解除干旱胁迫后两品种各氮素水平处理的 LRWC 都回升, 但未达到胁迫前的水平。