

种植密度对烤烟生长发育及烘烤特性的影响

曹阳¹, 钟俊周², 文国宇², 李茂军², 王晓剑², 雷佳³, 陈建军^{1*} (1. 华南农业大学烟草研究室, 广东广州 510642; 2. 广东烟草韶关市有限公司, 广东韶关 512000; 3. 广东中烟工业有限责任公司原料部, 广东广州 510310)

摘要 合理的种植密度通过优化烤烟群体结构对烤烟生长发育和烘烤特性以及烤烟质量产生显著的影响。综述了种植密度对烤烟生育进程、农艺性状、光合作用、烘烤特性、产量和质量等方面影响的研究进展, 探讨了种植密度对烤烟生长发育及烘烤特性的调控效应。总结了现阶段该领域研究中存在的一些问题, 以为优质烟叶的生产调控技术提供理论依据。

关键词 种植密度; 烤烟; 生长发育; 烘烤特性

中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)28-0035-03

Effects of Planting Density on the Tobacco Growth Development and Curing Characteristics

CAO Yang¹, ZHONG Jun-zhou², WEN Guo-yu² et al (1. Tobacco Research Laboratory, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642; 2. Guangdong Tobacco Shaoguan City Co., Ltd., Shaoguan, Guangdong 512000)

Abstract Reasonable planting density has a significant effect on the growth, development and baking characteristics of flue-cured tobacco and the quality of flue-cured tobacco by optimizing the population structure of flue-cured tobacco. We reviewed the research progress on the effects of planting density on the growth process, agronomic traits, photosynthesis, baking characteristics, yield and quality of flue-cured tobacco, and discussed the effect of planting density on the growth and baking characteristics of flue-cured tobacco. Also, we summarized some problems existing in the present research in this field, in order to provide theory for the production and control technology of high-quality tobacco leaves.

Key words Planting density; Flue-cured tobacco; Growth and development; Curing characteristics

种植密度能够决定烤烟有效截光叶面积, 进而影响烤烟群体光合利用率、田间小气候及通风状况^[1]。研究表明, 种植密度小有利于烟株个体发育, 但在烟株的生长发育过程中易形成“大、深、厚”, 不利于烘烤, 且烤烟杂味刺激性较强。随着密度的增加, 烟叶逐渐变小、变薄, 个体长势变弱, 烤烟颜色变淡、香气量减少、劲头减小^[2]。适宜的种植密度能够直接影响田间烟株株型, 形成合理的群体结构, 烟叶得到充分的生长发育, 并具备优良的烘烤特性, 从而获得高产、优质的特色烟叶。因此, 研究种植密度对烤烟生长发育、烘烤特性、优质烟叶风格特征的影响具有重要意义。

近年来, 国内外对种植密度的研究多集中在对烟叶生长发育、主要化学成分以及经济性状的影响^[3-4], 而对种植密度通过影响烤烟个体生长发育与群体结构进而对烘烤特性作用机理与品质形成的系统研究报道不多, 结果也不一致^[2-8]。烤烟的品质主要通过田间成熟度和分级成熟度 2 个方面表现出来^[5], 两者关系密切, 又具有本质的区别。因此, 为研究种植密度对烤烟生长发育及烘烤特性的调控规律, 笔者从种植密度对烤烟生育进程、农艺性状、光合作用、烘烤特性、产量和质量等方面的影响研究进展进行综述, 以为开展烤烟

群体结构优化设计, 发挥烤烟群体和个体效应的最大潜能和优质烟叶的生产调控技术提供依据和参考。

1 烤烟生长发育和烘烤特性对烤烟产量和品质的影响

烤烟生长发育与烘烤特性均直接影响烤烟的产量和质量。烤烟的产量和质量是评价烤烟生产的两个重要方面, 在一定范围内既可获得适产, 又可取得优质, 两者协调发展^[6]。一旦超过这一范围, 不良的环境将会影响烟草的生长发育, 最终必将反映在烟叶质量上。因此, 建立适宜的群体结构、保证烟株良好的生长发育是获得优质适产的中心环节^[7]。

烤烟烘烤特性与烟叶质量具有极为密切的关系。烤烟在烘烤过程能够充分显现、固定和改善烟叶在田间生长发育形成的潜在质量, 也直接决定了烤烟最终质量, 其核心是碳氮化合物的代谢程度及水分动态的协调性。但是由于多方因素的综合作用, 每年都有大量鲜烟叶未能烘烤成优质烤烟, 造成巨大损失, 这与烤烟烘烤特性及其配套调制技术的研究深入程度和系统性有很大关系^[5, 8]。

由此可见, 烤烟田间生长发育是其烘烤特性的物质基础, 而烤烟的烘烤特性是其田间生长发育的根本体现, 也是烤烟生产工艺的最终要求。因此, 系统研究烤烟的生长发育及烘烤特性十分必要。

2 种植密度对烤烟生长发育及烘烤特性的影响

2.1 种植密度对烤烟生育进程的影响

作物的起止物候期决定其生育时期。受遗传因素和环境因素的共同影响, 随着作物的生长发育, 其外部形态和内部生理会进行一系列变化, 依据这种显著变化可以将作物一生划分为若干个生育时期^[9]。烟叶大田生育期的长短由生育进程决定, 烟叶生育进程也影响烟株内部一系列生理生化代谢反应, 从而造成烟叶产量和质量的差异^[10]。

研究表明, 在生长发育前期种植密度对烤烟的影响并不大, 但在旺长期以后则有显著影响。这可能是因为在生

基金项目 广东省烟草专卖局(公司)重大科技项目“广东浓香型特色优质烟开发”(粤烟科[2011]28号, 201101); 广东省烟草专卖局(公司)资助项目“优质烟叶烘烤特性及其调控技术研究”(粤烟科[2012]26号, 201202); 广东省烟草专卖局(公司)科技项目“优质烤烟理想生育进程的研究与应用”(粤烟科[2014]1号, 201311); 广东省烟草专卖局(公司)资助项目“优质烟叶精准水肥管理技术的规模应用与示范”(粤烟科[2014]1号, 201312); 广东中烟工业有限责任公司科技项目“上部八片烟叶质量定量分析及其应用技术方案”(粤烟工[2015]313号, 2016440000340013)。

作者简介 曹阳(1993—), 女, 河南鄢陵人, 硕士研究生, 研究方向: 烤烟栽培技术与品质生理。* 通讯作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事烤烟栽培与品质生理方面研究与教学工作。

收稿日期 2018-04-30

长前期个体小,烟株个体间矛盾不显著,而在成熟期烟株个体大,个体间争夺光照、水分、养分等日益激烈^[11]。江豪等^[12]研究认为,种植密度大的烟株比密度小的现蕾期推迟,而大田生育期缩短2~3 d。徐树德等^[3]认为,随着株距的增大,烟株现蕾期、封顶期、脚叶成熟期等生育期推迟。而顾学文等^[13]认为种植密度对烤烟生育进程影响不显著,这与一些学者在花生、玉米等作物上的研究结果一致^[14-15]。

可见,种植密度主要在现蕾期以后对烤烟的生育进程产生影响,而对整个大田生育期并无显著影响。

2.2 种植密度对烤烟光合特性的影响 光合产物是烤烟获得优质适产的物质基础。种植密度通过影响作物冠层的光截获及光分布特征从而影响植株个体活力和群体碳同化能力,最终影响作物干物质生产能力^[16]。因此,合理的群体结构能够改善作物冠层的辐射分布、提高群体光合产力,是特色优质烤烟生产的重要基础。

优质烤烟品质成分主要来源于光合产物,种植密度过高或者过低均对烤烟的光合特性产生显著影响。张喜峰等^[17]对烤烟光合特性的研究结果表明,随着种植密度的增加,烤烟光合速率、气孔导度、胞间CO₂浓度、蒸腾速率及叶绿素含量等均呈先升高后降低的趋势。这与张广富等^[18]研究结果一致,合理的群体结构能够保证作物保持较高的净光合速率,利于光合同化产物的形成与积累;而不适宜的群体结构会恶化作物光合生理机能,导致作物光合能力和产量下降。

研究表明,种植密度对作物光合作用的影响程度也因烤烟生育期的不同而存在差异。种植密度对光合作用的调控主要发生在烟株的成熟期,并且随着烤烟生育进程的推进,其影响程度呈逐渐增大的趋势。王瑞等^[19]、李文璧等^[20]分析其原因主要是由于在烤烟生育进程前期烟株个体小,种植密度引起的光照和养分等环境胁迫较小,形成的田间小气候差异并不明显;而在后期随着烟株生长,中下部烟叶接受的光照逐渐减弱,环境胁迫程度增大,叶片衰退加快。

烤烟LAI表明单位土地面积上叶片总面积与土地面积的比值是烤烟群体光合产能的重要参数之一。在以往的研究中,前人多用单片叶的生理数据来研究烤烟光合作用与产量的关系,常常造成很大差异。这是因为能够对作物群体光合作用产生影响的因素有很多,群体光合作用并非由作物单片叶简单累加而成。因此,研究烟株群体的光合作用也十分有必要。许海良等^[21]研究表明,在一定范围内LAI与作物群体光合速率呈明显的正相关;LAI过大时,田间郁闭,个体发育和群体发展不协调,影响作物产量和质量。相关研究结果表明,生育前期不同密度烟株群体LAI差异并不显著,但在一定范围内随种植密度增加烟株群体LAI呈增大趋势,尤其在现蕾期差异显著,且不同烟株群体均在成熟期LAI达到最大值^[22]。

杨光^[23]在研究油菜角果光合特性时指出,光照分布不均致使实际光合效率只有最大光合潜力值的38%左右,同化物质竞争加剧导致只有40%~60%的角果和30%左右的种子发育为有效的种子和角果。因此,合理密植提高光合效率,对

提高烤烟的产量和品质均具有重大意义。

2.3 种植密度对烤烟农艺性状的影响 近年来对种植密度对烤烟农艺性状影响的研究结果基本一致:种植密度对烟株株高、最大叶长宽、单叶重、叶面积、茎围等有显著影响,且都表现出随种植密度的增加呈下降的趋势,其中最大叶宽和单叶重下降最显著,且种植密度对农艺性状的影响多表现在生育后期^[20,24-26]。种植密度过大,田间通风透光度不好,导致昼夜温差变小,根系发育不良,烟株株高增加,节距加大,茎围缩小,从而整个群体生长发育不良;种植密度过小,易造成田间资源浪费,导致叶片变厚,品质较差。

另外,通过对烟叶物理特性的各个指标进行逐一分析,然后单凭经验来综合判断比较处理的优劣程度,这种方法无法避免地带有一定主观性。因此,可采用单叶重、叶面积、叶片厚度、开片度、平衡含水率、叶面密度、含梗率等物理指标来构建物理特性指数模型,对烤烟物理特性进行综合评价。研究结果表明,一定范围内,适当增加密度能够降低烤烟的单叶重、含梗率,增加开片度,提高物理特性指数^[25]。

2.4 种植密度对烤烟烘烤特性的影响 烘烤特性包括烤烟的“易烤性”“耐烤性”2个方面,反映了鲜烟叶的素质差异,其实质是烤烟在烘烤过程中的理化变化特性,包括变黄特性、定色特性和失水干燥特性等。易烤性主要表达烤烟的变黄特性,而耐烤性则主要反应烤烟定色阶段对烘烤环境的耐受性,二者相互联系而又相互独立。一般来说,高品质烤烟既易烤又耐烤。研究人员指出,在变黄特性方面,烤烟叶绿素的降解与烤烟变黄特性呈显著正相关;在定色特性方面,烤烟烘烤过程中PPO活性和烤后杂色烟叶比例呈显著正相关;在失水干燥特性方面,在变黄期和定色期均具有均衡失水特性的烤烟,烟叶更容易变黄、定色,显示出良好的烘烤特性^[27-32]。

不同种植密度的烤烟鲜烟叶素质差异显著。随着种植密度的降低和叶位的升高,烤烟叶绿素含量呈逐渐升高趋势,而对类胡萝卜素的影响并不显著^[26]。韩孟材等^[30]认为,随着种植密度的增加,下部叶的PPO活性显著增加,中部叶先增加后降,低上部叶先降低后增加。当种植密度过大时,田间土壤肥力小,烤烟干物质积累少,导致叶片小而薄、含水量大、结构疏松,造成叶片在烘烤过程中易变黄、脱水,但极不耐烤;种植密度过小,叶片变厚变脆,干物质积累量增加,含水量随之下降,烘烤过程中变黄较慢,更耐烘烤。

目前,有关栽培措施对烘烤特性的影响研究相对较少,而关于种植密度对烘烤过程中碳氮代谢的影响的文章更是鲜见报道。不同种植密度的烤烟生长发育及产质量不尽相同,一般认为这主要是由于烟株内部代谢产物的含量及比例不同造成的。碳氮化合物的代谢过程是烤烟调制过程中最基本的代谢过程,碳氮代谢的强度、协调性及其在烤烟生长和成熟过程中的动态变化都反映在烤烟内部化学成分的含量和比例上,进而对烤烟质量产生重大影响。合理的种植密度可以避免大田烟株个体之间过度竞争,养分、水分等生长要素分配更加合理,烟株干物质的积累量和转化的协调性也

趋于合理^[33]。总之,在烘烤过程中,种植密度适宜的烤烟更具有良好的碳氮代谢平衡性和协调性。因此,加深种植密度的研究对丰富烤烟烘烤特性理论体系是很有必要的。

2.5 种植密度对烤烟产量和品质的影响 韩锦峰等^[32]发现密度大小不仅显著影响烟叶产量和单叶重,而且也明显地影响烟叶的品质。种植密度过小时,叶片厚,叶面粗糙,采收期落黄不好,不易烘烤,且烤后挂灰,中等烟比例下降。这与其他学者的观点基本一致。烤烟的种植密度不论过大或者过小都将导致产量与质量之间产生严重的不协调,只有种植密度适宜才能有能促进生长发育,达到优质适产的目的^[34]。

烤烟的化学成分是评价烟叶内在质量的主要指标。化学成分是烤烟的物质和质量基础,各化学成分之间的协调性可以直接影响烤烟的质量^[35-36]。因此,研究种植密度对烤烟化学成分的影响十分必要。种植密度过小,烤烟烟碱、总氮、含量高,总糖、还原糖含量小,刺激性气味大,不利于降焦减害;种植密度过大,烟碱含糖量高,糖碱比大,氮化合物含量低,烟叶化学成分不协调,烤烟吃香味相关的物质含量低,造成烤烟香气量不足、劲头小。另外,李海平等^[11]认为,烟叶钾含量随种植密度增加呈逐渐降低的趋势,但变化并不明显。而张喜峰等^[17]研究认为,烟叶钾含量受种植密度影响显著,且中密度烤烟钾含量显著高于其他密度。

3 展望

合理的群体结构和先进的生产技术是保证烟叶优质适产的基础^[37]。优化群体结构可提升烤烟物质含量的协调性,保证优质烟叶的生产。综上所述,种植密度与烤烟的生长发育和烘烤特性密切相关,是烟叶多个性状的综合体现。而目前的研究多强调种植密度对某一特定性状的影响,因此找到不同种植密度烤烟的外观形态指标与内部成分之间的关系,分析各生理指标的内在联系是综合分析烟叶质量的基础。另外,在大田生产中应充分考虑群体与个体的关系,保证其协同发展也十分必要。因此,在未来研究浓香型特色优质烤烟品质生理机制与生产技术过程中,应综合评价个体与群体的关系,重点研究不同种植密度烤烟生长过程中的光合代谢及烤后烟叶的碳氮代谢,以各项生理生化指标为基础,建立优质烟叶生产动态模型,丰富浓香型优质特色烟叶生产体系^[38]。

参考文献

- [1] 贾方方.不同种植密度烟草叶面积指数的高光谱估测模型[J].中国烟草科学,2017,38(4):37-43.
- [2] 王志勇.不同群体结构对烟草生长发育及产质量的影响[J].安徽农业科学,2017,45(14):35-38.
- [3] 徐树德,赵忠华,尚志强.种植密度对烤烟生长和产量质量的影响[J].内蒙古农业科技,2010(4):46-47.
- [4] 赵锦超,黄刘亚,孙永波,等.不同株距对烟叶等级结构的影响[J].农业科学与技术:英文版,2017,18(6):1016-1020.
- [5] 官长荣.烟草调制学[M].北京:中国农业出版社,2003:92-98.
- [6] 毕文荣,吴永明,刘彦中,等.不同种植密度对烤烟产质量及叶绿素含量

- 的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(S1):1-4.
- [7] 郑克宽,任有志.烤烟合理群体结构和产质量形成规律的研究[J].内蒙古农牧学院学报,1995,16(1):28-34.
- [8] 王传义.不同烤烟品种烘烤特性研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [9] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:194-200.
- [10] 王发勇.优质烟叶生育进程与形态指标研究[D].广州:华南农业大学,2016.
- [11] 李海平,朱列书,黄魏魏,等.种植密度对烟田环境、烤烟农艺性状及产量质量的影响研究进展[J].作物研究,2008,22(5):489-490.
- [12] 江豪,陈朝阳,王建明,等.种植密度、打顶时期对云烟85烟叶产量及质量的影响[J].福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(4):437-441.
- [13] 顾学文,王军,谢玉华,等.种植密度与移栽期对烤烟生长发育和品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(22):258-264.
- [14] 张利民,康涛,李文金,等.播期和种植密度对夏直播花生生长发育及产量的影响[J].花生学报,2017,46(3):72-76.
- [15] 任新茂,孙东宝,王庆锁.覆膜和种植密度对旱作春玉米产量和蒸散量的影响[J].农业机械学报,2017,48(1):206-211.
- [16] 张永丽,蓝岚,李雁鸣,等.种植密度对杂种小麦C6-38/Py85-1群体生长和籽粒产量的影响[J].麦类作物学报,2008,28(1):113-117.
- [17] 张喜峰,张立新,高梅,等.密度与氮肥互作对烤烟钾含量、光合特性及产量的影响[J].中国土壤与肥料,2013(2):32-36,61.
- [18] 张广富,赵铭钦,王冬,等.不同种植密度烤烟净光合速率日变化与生理生态因子的关系[J].中国烟草学报,2011,17(1):54-61.
- [19] 王瑞,刘国顺,倪国仕,等.种植密度对烤烟不同部位叶片光合特性及其同化物积累的影响[J].作物学报,2009,35(12):2288-2295.
- [20] 李文壁,朱凯,段凤云,等.施氮量和种植密度对红花大金元烟田小气候和产值的影响[J].中国烟草科学,2008,29(2):27-32.
- [21] 许海良,赵会杰,蒲文宣,等.种植密度对烟草冠层辐射和群体光合作用的影响[J].福建农业学报,2017,32(3):253-257.
- [22] 郭宁,严玛丽,邵兰军,等.播期与密度对烤烟群体光合生产及产量和品质的影响[J].华北农学报,2015,30(5):153-160.
- [23] 杨光.油菜高效结角层结构的研究[D].扬州:扬州大学,2002.
- [24] 夏体渊,靳松,陈兴位,等.不同种植密度对烤烟K326产量和品质的影响[J].西南农业学报,2017,30(1):58-61.
- [25] 邓小华,蔡兴,于庆涛,等.增密和减氮对稻茬烤烟物理性状的效应分析[J].烟草科技,2016,49(10):23-30.
- [26] 刘佳,戴林建,王勇,等.密度与施氮量对烤烟农艺性状及烟叶主要化学成分的作用效应[J].作物研究,2017,31(2):152-159.
- [27] 王传义,孙福山,王廷晓,等.不同成熟度烟叶烘烤过程中生理生化变化研究[J].中国烟草科学,2009,30(3):49-53.
- [28] 王传义,张忠锋,徐秀红,等.烟叶烘烤特性研究进展[J].中国烟草科学,2009,30(1):38-41.
- [29] 毕文荣,吴永明,刘彦中,等.不同种植密度对烤烟产质量及叶绿素含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(S1):1-4.
- [30] 韩孟材,朱英华,徐增汉,等.种植密度与钾肥互作对烤烟成熟期多酚氧化酶及色素的影响[J].现代农业科技,2017(17):19-22,26.
- [31] 霍开玲,江凯,贺帆,等.鲜烟叶烘烤特性影响因素研究进展[J].湖北农业科学,2010,49(5):1225-1228.
- [32] 韩锦峰,管天镇,郭月清.烤烟种植密度和留叶数对农艺性状及烟叶化学成分效应的初步研究[J].中国烟草,1984(2):4-9.
- [33] WU W, TANG X P, YANG C, et al. Investigation of ecological factors controlling quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) using classification methods[J]. Ecological informatics, 2013, 16: 53-61.
- [34] 肖艳松,李晓燕,李圣元,等.种植密度对旱地烤烟生长发育及产量、质量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(9):3723-3724.
- [35] 高升.施氮量与种植密度对烤烟品种K326烟株生长和烟叶品质的影响[D].重庆:西南大学,2016.
- [36] 上官克攀,杨虹琦,罗桂森,等.种植密度对烤烟生长和烟碱含量的影响[J].烟草科技,2003(8):42-45.
- [37] 时向东,朱命阳,赵会纳,等.种植密度对烤烟叶片生育期光合特性的影响[J].中国烟草学报,2012,18(6):38-42.
- [38] 李旭华,何传国,陈建军,等.广东浓香型特色烟叶关键生产技术理论与应用[M].广州:华南理工大学出版社,2011:1-3,12.