

影响烤烟淀粉因素及调控关键措施的研究进展

王文超^{1*}, 李维冉², 贺丹锋¹, 熊雁¹, 周超¹, 谭明华¹, 盛小贺¹, 王涛³, 孟锋¹, 代斌杰^{1#}

¹红河红河烟草(集团)有限责任公司曲靖卷烟厂, 云南 曲靖

²云南中烟原料中心, 云南 昆明

³云南省烟草公司曲靖市公司, 云南 曲靖

收稿日期: 2025年11月3日; 录用日期: 2025年12月3日; 发布日期: 2025年12月12日

摘要

烟叶淀粉含量是决定其品质的关键指标之一, 降低淀粉含量是国内外研究的热点。本文系统梳理了淀粉与烟叶品质的关联性, 重点分析了遗传背景、生态环境、施肥管理、打顶时机、调制工艺等因素对烤烟淀粉积累与降解的调控作用。在此基础上, 探讨了我国降低烟叶淀粉含量、提升品质所面临的挑战, 并对未来研究方向进行了展望, 旨在为提升国产烟叶的工业可用性提供理论支撑。

关键词

烤烟, 淀粉, 影响因素, 调控措施

Research Progress on Factors Influencing Starch in Flue-Cured Tobacco and Key Regulatory Measures

Wenchao Wang^{1*}, Weiran Li², Danfeng He¹, Yan Xiong¹, Chao Zhou¹, Minghua Tan¹, Xiaohu Sheng¹, Tao Wang³, Feng Meng¹, Binjie Dai^{1#}

¹Qujing Cigarette Factory, Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Qujing Yunnan

²Raw Material Center, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming Yunnan

³Qujing Branch of Yunnan Provincial Tobacco Company, Qujing Yunnan

Received: November 3, 2025; accepted: December 3, 2025; published: December 12, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王文超, 李维冉, 贺丹锋, 熊雁, 周超, 谭明华, 盛小贺, 王涛, 孟锋, 代斌杰. 影响烤烟淀粉因素及调控关键措施的研究进展[J]. 农业科学, 2025, 15(12): 1445-1450. DOI: 10.12677/hjas.2025.1512180

Abstract

Tobacco leaf starch content is a key indicator determining its quality, and reducing starch content is a research focus both domestically and internationally. This paper systematically reviews the correlation between starch and tobacco leaf quality, with a focus on analyzing the regulatory effects of genetic background, ecological environment, fertilization management, topping time, and curing process on starch accumulation and degradation in flue-cured tobacco. Based on this, the challenges faced in reducing starch content and improving quality in Chinese tobacco leaves are discussed, and future research directions are outlined, aiming to provide theoretical support for enhancing the industrial usability of domestic tobacco leaves.

Keywords

Flue-Cured Tobacco, Starch, Influencing Factors, Regulatory Measures

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国际上对优质烟叶的淀粉含量有明确且严格的要求，因为它直接影响烟草的燃烧性、香气和吸味[1][2]。总的来说，淀粉对烤烟的影响是“前期必要，后期有害”，它的角色在新鲜烟叶和调制后的成品烟叶中发生了根本性的转变。大田期淀粉是烟株通过光合作用合成的临时储能物质。它在鲜叶中大量积累(占干重的 20%~40%)，为烟叶的生长发育、成熟以及接下来的调制过程提供必要的“燃料”和碳骨架。没有足够的淀粉积累，烟叶就缺乏形成优质品质的物质基础。调制后的淀粉含量通常能控制在 2% 以下。这是其品质卓越的关键指标之一，而我国烟叶淀粉含量约为 4%~6%，相比国际优质烤烟普遍偏高。因为淀粉在燃烧时会产生不良影响：首先，淀粉燃烧不完全会产生大量的微粒物，导致烟气干燥、灼热，并产生不良的“杂气”。

然后，淀粉本身及其不完全燃烧的产物会掩盖烟草本身优美的香气，产生令人不悦的刺激性气味。其次，淀粉热解会生成醛类(如丙烯醛)等刺激性物质，影响吸食舒适度和健康[3]。因此，探索降低淀粉含量的途径备受关注。笔者在此就前人的研究成果进行了分析综述，以期今后深入研究提供思路。

2. 淀粉与烟叶品质的相互作用

淀粉是烟叶关键有机组分之一影响其外观和内在质量的表达[4]。鲜烟叶中淀粉含量较高对品质不利[5]，尤其是色泽和香气的形成。尽管烘烤过程会降解大部分淀粉，但残留部分仍会影响最终品质。淀粉在燃烧时不仅影响烟气质量，还降低燃烧速度和完全性[6]。燃烧产生的焦糊味会掩盖烟草本香，降低安全性。另一方面，淀粉降解生成的还原糖在进一步裂解后会形成酸性物质，有助于中和烟碱及含氮化合物产生的碱性烟气；同时，游离糖与氨基酸发生的美拉德反应及其衍生物(如蔗糖酯、糖苷)是形成烟叶致香物质的重要前体[7][8]。当淀粉含量在 4.65%~7.60%，随着淀粉含量的升高刺激性有增加趋势，余味变差；当淀粉含量大于 7.60% 时，刺激性显著增加，余味明显变劣；淀粉含量还一定程度上影响烟叶杂气种类与香型风格[9]。研究表明，我国烤烟淀粉含量偏高主要源于两方面：一是未充分成熟的烟叶过早采收，

二是烘烤期间淀粉未能充分转化[10]-[12]。对此,科研人员尝试在烘烤或醇化环节添加外源糖化酶与淀粉酶,以促进淀粉的完全转化[13][14]。需要强调的是,尽管鲜烟叶初始淀粉含量较高,但高效的调制工艺能够将其约 80%转化为糖类(含少量糊精等中间产物)。研究证实,这种转化的彻底程度与烟叶的品质提升呈正相关[15][16]。

3. 影响烤烟淀粉含量的关键因素

3.1. 遗传因素与生态环境

烟叶品质是遗传基因与生态环境互作的结果,其中栽培措施影响风格特色表达,而生态条件主导香气风格类型[17]。环境与基因均能显著影响烤烟的淀粉含量,主要由非加性基因效应控制其遗传,广义遗传力高于狭义遗传力[18]。不同烤烟品种间淀粉含量差异显著,体现了遗传基础的决定性作用。生态环境(如光辐射强度、温度、空气湿度、水分)是塑造烟叶品质的核心因素。在充足光照和较高积温的环境下有利于促进碳水化合物的积累,因此不同产区自然条件的差异会导致淀粉含量各异,进而形成地域性的品质特色。光质、温湿度等生态因子直接影响淀粉的合成与积累。

3.2. 施肥管理的影响

3.2.1. 氮素调控

合理施用氮肥是协调烤烟碳氮代谢的关键,既要满足前期生长发育和含氮化合物合成,又要保证后期碳水化合物的有效积累以及烟叶成熟落黄[19]。氮肥施用不足或过量均会对烟叶品质产生不利影响[20]。有研究表明[21],施氮量与烟叶淀粉积累量呈负相关性,增施氮肥可能推迟并减少淀粉积累。然而,也有研究表明[22]指出施氮量的多少对淀粉含量无相关性。氮素形态也至关重要:配施硝态氮能提高烟叶糖碱比,且该比值与硝态氮比例(50%~100%)呈正相关[23];高比例硝态氮常导致初烤烟叶淀粉含量升高,两者呈显著正相关[24]。此外,氮素水平显著影响烟叶淀粉酶活性,高氮水平下酶活性增强且下降速度减缓,间接调控碳氮代谢转换速率[25]。优化氮源(如有机氮 + 硝态氮 + 铵态氮组合)可促进根系发育,提升可溶性总糖和淀粉含量[26]。

3.2.2. 磷素作用

磷是植物生长和发育一种重要的元素,并在烟草生长中扮演多重角色:它能够促进碳水化合物的运输与生物合成、脂肪形成以及氮素代谢过程,同时增强植株的抗逆能力。研究表明[27],磷缺乏会抑制蔗糖的生物合成,导致淀粉在烟叶中过度积累。值得注意的是,不同烟草品种对磷素的响应存在差异;例如,K326相较于红花大金元表现出更高的敏感性,在生育后期适度增施磷肥可提高其淀粉酶活性和叶片淀粉含量[28]。虽然叶片碳水化合物量随着磷素水平升高而升高,但必须与氮素进行科学配施,才能有效优化碳水化合物在叶片中的积累,进而改善烟叶的外观质量和感官品质。

3.3. 打顶时机的选择

研究表明[29],打顶能促进烟叶成熟期淀粉和可溶性糖等潜香物质的积累。与不打顶烟株相比,打顶的叶片能够维持更高的碳水化合物含量,并延长其积累时间。其中,早打顶更有利于促进这些香气前体物质的合成,而晚打顶(如盛花期)则会削弱对香气物质的调控能力,这主要是由于生殖器官消耗了大量同化物,导致烟叶品质下降。值得注意的是,打顶对淀粉积累的促进作用会随着叶位的降低而逐渐减弱,其中盛花期打顶处理的淀粉积累量表现最差。打顶提升叶片淀粉含量的机制可能在于:光合产物由供应生殖生长转向在营养器官(叶片)中积累;或生殖器官去除导致某些激素分泌减少/停止,减缓淀粉类物质转移而累积于叶片。因此,精准控制打顶时间是优化烟叶化学成分、提升工业可用性的重要农艺措施。

3.4. 采收成熟度与方式

烟叶的淀粉含量显著受其采收方式及成熟度的影响。据文献报道[30], 烘烤后淀粉含量最低者通常为达到工艺成熟度的烟叶; 相比之下, 欠熟、生理成熟或过熟烟叶则表现出更高的淀粉积累, 其中过熟叶尤为显著。其内在机制在于, 适熟烟叶中淀粉降解关键酶(如淀粉酶和淀粉磷酸化酶)活性较高, 能有效催化淀粉水解, 从而降低烤后烟叶淀粉含量, 同时提升水溶性糖与还原糖比例, 优化化学成分的协调性[31]。另外也有研究表明[32], 随采收时间延迟, 各部位烟叶的淀粉含量均呈下降趋势, 且遵循下部叶 > 中部叶 > 上部叶的规律。在采收方式上, 带茎采收有助于增强变黄期的淀粉酶活性, 促进淀粉转化并增加糖类物质积累[33]; 但需要注意的是, 若上部叶采用一次性采收, 可能因部分叶片成熟度不足, 导致其在田间和烘烤阶段淀粉分解不充分, 最终使烤后淀粉含量高于常规采收方式[34]。尚熟烟叶叶内淀粉含量较高, 且在烘烤过程中难以降解, 表明成熟度较差的烤烟上部叶淀粉代谢不充分是导致烘烤后僵硬烟叶比例较高的重要原因之一[35]。

4. 烘烤过程中淀粉的转化调控

4.1. 外源酶制剂的应用

烟叶碳水化合物分解主要依赖内源酶(转化酶、淀粉酶、麦芽糖酶)。近年来, 外源添加淀粉酶类(如 α -淀粉酶、糖化酶)成为降低烤烟淀粉含量、提升可用性的研究热点。研究表明[36], 在烟叶烘烤过程中施加外源淀粉酶能够显著提升淀粉降解效率。在变黄初期, 不同酶添加量对淀粉降解速率的影响差异较小; 但进入变黄后期至定色前期阶段, 淀粉降解程度与酶添加量呈正相关, 酶量越大降解效果越显著。这种促进作用最终表现为烤后烟叶淀粉含量减少, 同时水溶性糖和还原糖含量明显增加。此外, 人工发酵阶段适量添加糖化酶也能有效降低烟叶淀粉含量, 满足工业需求。

4.2. 烘烤温湿度的精准控制

烟叶含水率及烘烤环境的相对湿度是维持淀粉酶活性的关键, 水分本身也是酶的活化剂[37]。因此, 温湿度对淀粉酶活性及淀粉降解具有决定性作用。总体而言, 不同湿度处理下淀粉降解规律相似, 但阶段差异明显: 低湿变黄前期降解速度快、量大; 高湿变黄则速度慢、量小。研究发现[38]-[40], 在烟叶烘烤过程中, 淀粉酶和淀粉磷酸化酶的活性呈现双峰特征, 分别在变黄中期和定色前期达到峰值。淀粉降解主要发生在变黄期, 进入定色前期后降解速度减缓, 到定色后期至干筋期则基本停止。采用“低温低湿变黄、慢速升温定色”的烘烤工艺能够显著提升淀粉降解效率, 具体表现为: 更高的淀粉降解量和降解速率、更强的相关酶活性, 最终获得淀粉含量较低、水溶性总糖和还原糖含量较高且化学成分协调的优质烟叶。值得注意的是, 淀粉大量降解的最适温度区间为 38℃~44℃, 这一温度范围对调控淀粉代谢具有关键作用[41]。因此, 烘烤实践建议: 变黄起点温度 35℃; 42℃前增大干湿差至 3℃ (尤其中部叶); 42℃后适当提高湿球温度维持湿度(尤其上部叶); 44℃前视烟叶变化酌情延长长时间, 以维持酶活性, 促进淀粉降解。

4.3. 烤房类型与配套工艺优化

相关研究对比了热风循环普通烤房与立式炉热风室烤房对红花大金元和 K326 品种烟叶的烘烤效果影响。结果表明[42], 热风循环烤房具有明显的技术优势: 首先, 其温湿度分布更为均匀, 为烟叶淀粉的分解转化创造了更有利的环境条件; 其次, 热风循环系统显著提高了烤房内氧气利用效率, 有效促进了烟叶细胞的呼吸代谢活动, 从而加速了淀粉降解过程。与立式炉热风室烤房相比, 采用热风循环烤房技术不仅能够显著降低烤后烟叶的淀粉含量, 还能在一定程度上提升烟叶的感官评吸质量。

5. 现存挑战与未来方向

烟叶淀粉含量是评价其品质的核心指标。针对国产烟叶淀粉含量偏高问题,学者们已从栽培和烘烤环节寻求调控措施。然而,高效技术组合及配套措施的集成优化仍需深入探讨。需注意,从烟叶内在化学成分协调性出发,淀粉含量并非越低越好,不同生态区应有其适宜范围。前期尝试(如降低施肥量、提高采收成熟度、增大烘烤湿度、适度升温)虽可将淀粉降至 3.6%,却导致烟叶商品或使用价值大幅下降。因此,如何在保障烟叶整体质量的前提下,优化淀粉含量并提升化学成分协调性,是亟待解决的难题。调控淀粉是一项受多因素制约的综合技术,需系统性方案而非单一措施。未来研究应着力于:

1. 深化基础研究:从植物生理学角度,深入探究淀粉合成、降解的分子机制与代谢调控网络。
2. 品种创新:加强选育低淀粉积累或高淀粉降解效率的烤烟新品种。
3. 农艺优化:完善生态适应性的栽培管理技术体系(精准施肥、优化打顶采收)。
4. 工艺革新:研发更高效的调制工艺(如智能烘烤、外源酶应用优化)。
5. 技术集成:探索遗传、栽培、调制等多环节协同调控的综合技术模式。

近年来,新技术的应用为降解烤烟淀粉、提升国产烟叶品质、缩小与国际优质烟叶差距开辟了新途径,相关研究需持续深化。

参考文献

- [1] 徐寿昌. 有机化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 446-447.
- [2] 高嘉安. 淀粉及淀粉制品工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [3] 张志灵, 林海滨, 王新旺, 等. 福建烤烟淀粉含量与外观质量和感官质量的关系[J]. 中国农学通报, 2022(31): 38-39.
- [4] 宫长荣, 王能如, 汪耀富. 烟叶烘烤原理[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [5] Weeks, W.W. (1985) Chemistry of Tobacco Constituents Influence Flavor and Aroma. *Recent Advance of Tobacco Science*, **11**, 175-195.
- [6] 张槐苓, 葛翠英, 倒不静. 烟草分析与检测[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994.
- [7] Seversin, R.F. (1985) Cubicula Constituents of Tobacco Affecting Their Production and Their Role in Insect and Disease Resistance and Smoke Quality. *Recent Advance of Tobacco Science*, **11**, 105-174.
- [8] Leffingwell, J.C. (1988) Chemical and Sensory Aspects of Tobacco Flavor. *Recent Advance of Tobacco Science*, **14**, Article 169.
- [9] 王红刚, 董维杰, 窦玉青, 等. 烤烟烟叶淀粉含量与其感官质量的相关性研究[J]. 西南农业学报, 2017(7): 56-58.
- [10] 史宏志, 韩锦峰, 赵鹏, 等. 不同氮量与氮源下烤烟淀粉酶和转化酶活性动态变化[J]. 中国烟草科学, 1999(3): 5-8.
- [11] 贾琪光, 宫长荣. 烟叶生长发育过程中主要化学成分含量与成熟度关系的研究[J]. 烟草科技, 1988(6): 40-43.
- [12] 宗会, 邓云龙, 张燕, 等. 烟叶中的淀粉累积与调控[J]. 烟草科学研究, 2001(6): 196-197.
- [13] 牛燕丽, 张鹏, 宋朝鹏, 等. 酶法降解河南烤烟烟叶 B2F、C3F 和 X2F 淀粉的初步试验[J]. 烟草科技, 2005(3): 26-28+32.
- [14] 王怀珠, 杨焕文, 郭红英. 烘烤过程外加淀粉酶对烤烟淀粉降解的影响[J]. 生物技术, 2004(5): 67-69.
- [15] 孙敬权, 唐经祥, 任四海. 烤烟烘烤过程淀粉降解与糖分转化途径及调控[J]. 安徽农业科学, 2017(19): 61-63.
- [16] 黄嘉祁. 烟草工业手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [17] 史洪志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [18] 张会芳. 烤烟叶片淀粉含量的遗传变异及农艺措施调控研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2005.
- [19] Weybrew, J.A. (1983) The Cultural Management of Flue-Cured Tobacco Quality. *Tobacco International*, **10**, 82-87.
- [20] Goenaga, R.J., Volk, R.J. and Long, R.C. (1989) Uptake of Nitrogen by Flue-Cured Tobacco during Maturation and Senescence. *Plant and Soil*, **120**, 133-139. <https://doi.org/10.1007/bf02370299>

- [21] 董惠萍. 不同施肥量对烤烟烟叶氮碳代谢的影响[J]. 云南农业大学报, 1992, 7(4): 237-243.
- [22] 杨焕文, 耿宗泽, 李佛琳, 等. 不同施氮量的烤烟烟叶大田生长期碳水化合物的变化[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(2): 153-157.
- [23] 冉邦定, 刘敬业, 李天福. 烟成熟期五种酶动态的研究[J]. 中国烟草学报, 1993(4): 13-19.
- [24] 岳红宾. 不同氮素水平对烟草碳氮代谢关键酶活性的影响[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(1): 18-20+24.
- [25] 刘卫群, 王为民, 陈良存, 等. 氮原对烤烟根系生长发育的影响[J]. 烟草科技, 2004(8): 41-43.
- [26] 李建伟, 郑少清, 石俊雄, 等. 不同氮素形态配比对烤烟品质的影响[J]. 西南农业大学学报, 2008, 25(5): 436-439.
- [27] 王怀珠, 吕芬, 杨焕文. 烤烟淀粉代谢及对烟叶香吃味的影响[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(3): 290-293.
- [28] 王鹏, 李丽杰. 烤烟磷素营养状况与施用技术研究[J]. 土壤肥料, 1999(4): 30-32.
- [29] 杨虹琦, 周冀衡, 罗泽民, 等. 不同打顶时期对烤烟内在化学成分的影响[J]. 湖南农业科学, 2004(4): 19-23.
- [30] 蔡宪杰, 王信民, 君启生, 等. 采收成熟度对淀粉含量影响的初步研究[J]. 烟草科技, 2005(2): 38-40.
- [31] 王怀珠, 杨焕文, 郭红英. 烘烤过程中不同成熟度烟叶淀粉的降解动态[J]. 烟草科技, 2004(10): 36-39.
- [32] 凌寿军, 王军, 邱妙文, 等. 推迟采收对烤烟淀粉含量及产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2001(4): 29-31.
- [33] 徐秀红, 王爱华, 王传义, 等. 烘烤期间带茎采收的烤烟项部叶某些生理生化特性的变化[J]. 烟草科技, 2006(9): 51-54.
- [34] 徐增汉, 王能如, 王书茂, 等. 不同采收方式对烤烟上部叶烘烤质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(5): 660-662.
- [35] 湛佳伟, 谢良文, 刘健康, 等. 烤烟上部叶成熟度与烟叶僵硬的关系分析[J]. 烟草科技, 2024, 57(11): 37-39.
- [36] 王怀珠, 杨焕文, 郭红英, 等. 淀粉类酶降解鲜烟叶中淀粉的研究[J]. 中国烟草科学, 2005(2): 37-39.
- [37] 宫长荣, 袁红涛, 陈江华. 烘烤过程中环境湿度和烟叶水分与淀粉代谢动态[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 155-158.
- [38] 王怀珠, 杨焕文, 郭红英, 等. 烘烤过程中温湿度对烤烟淀粉降解及相关酶活性的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(2): 313-316.
- [39] 王行, 凌寿军, 宋守晔, 等. 烘烤过程中温湿度与烟叶淀粉含量及淀粉酶活性变化的关系[J]. 烟草科技, 2004(11): 33-35.
- [40] 王文超. 光质及调制方式对烤烟碳水化合物积累与降解的影响[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [41] 闫鼎, 徐海清, 曹亚凡, 等. 中温中湿烘烤工艺对烤烟淀粉含量及品质的影响[J]. 安徽农学通报, 2022(7): 132-134.
- [42] 邓云龙, 崔国民, 张树堂, 等. 烤房类型及配套烘烤技术对烟叶淀粉含量的影响[J]. 烟草科技, 2005(3): 40-42.