

栽培与调制措施对晾晒烟中类胡萝卜素降解产物含量的影响研究进展

李林林¹, 胡希², 刘利平³, 伍发明⁴, 时向东^{1*}

(1.河南农业大学, 国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南郑州 450000; 2.四川中烟工业有限责任公司长城雪茄烟厂, 四川什邡 610017; 3.湖北中烟工业有限责任公司三峡卷烟厂, 湖北宜昌 443100; 4.恩施州烟草公司来凤县烟叶分公司, 湖北来凤 445700)

摘要 简述了类胡萝卜素降解产物在烟叶中的重要作用, 并从矿质营养及施肥方法、种植密度、留叶数、采收方式和成熟度等栽培措施以及调制温湿度和方法等方面对影响晾晒烟中类胡萝卜素降解产物含量的因子进行了综述, 并对今后的研究内容做了展望。**关键词** 晾晒烟; 类胡萝卜素降解产物; 栽培措施; 调制**中图分类号** TS 44*1 **文献标识码** A**文章编号** 0517-6611(2019)14-0012-03**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.14.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on the Effect of Cultivation and Modulation Measures on the Content of Carotenoid Degradation Products in Air-cured and Sun-cured Tobacco**LI Lin-lin¹, HU Xi², LIU Li-ping³ et al** (1. National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450000; 2. Greatwall Cigar Factory, China Tobacco Sichuan Hubei Industrial Co., Ltd., Shifang, Sichuan 610017; 3. Sanxia Cigarette Factory, China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Yichang, Hubei 443100)**Abstract** The important role of carotenoid degradation products in tobacco leaves was briefly described. The factors affecting the content of carotenoid degradation products in air-cured and sun-cured tobacco were reviewed from the aspects of mineral nutrition, fertilization methods, planting density, number of remaining leaves, harvesting methods and maturity, as well as modulation of temperature, humidity and methods. And prospected for future research content.**Key words** Air-cured and sun-cured tobacco; Carotenoid degradation product; Cultivating measures; Curing

类胡萝卜素是烟草最重要的萜烯类化合物之一, 烟叶中的香味物质很大一部分是类胡萝卜素降解产物^[1], 如巨豆三烯酮类、 β -大马酮等是烟草中的重要致香成分。烟叶中类胡萝卜素降解产物的香气质量好, 香气阈值相对较低, 刺激性小, 对烟叶香气的贡献率大, 是烟叶香气和香气量的重要组分^[2]。我国晾晒烟中类胡萝卜素降解产物总量较国外优质晾晒烟普遍偏低。近年来, 有关提高类胡萝卜素及其降解产物含量的研究是国内外热点。笔者从栽培和调制两方面综述了影响晾晒烟类胡萝卜素降解产物含量的因素, 旨在为我国生产优质烟叶提供参考。

1 栽培措施**1.1 矿质营养及施肥方法**

1.1.1 氮肥。氮素作为生命元素, 其种类和用量对烟叶产量和品质有重要影响。致香物质含量是衡量烟叶品质的重要因素, 类胡萝卜素是多种致香成分的前提物质, 氮肥对提高其降解产物含量的作用明显^[3-4]。适宜的氮用量不仅能保证烟株正常生长发育, 还有助于烟叶品质和产量的提高。研究证实, 白肋烟、香料烟等晾晒烟类胡萝卜素降解产物含量随氮用量的增加而增加^[5-6]。此外, 肥料的形态及配比对烟叶品质有直接重要的影响, 肥料形态会影响土壤 pH 及烟株对铁、锰等矿质元素的吸收, 进而对烟叶香气成分含量产生不同的影响^[7-8]。符云鹏等^[9]研究了氮肥种类对香料烟生长及

产量品质的影响, 结果表明, 调制后香料烟类胡萝卜素降解产物含量以氮素由硝酸钾提供最高, 这可能是因为硝酸钾处理的叶片成熟较快, 烟叶中类胡萝卜素降解较为彻底。四川产区香料烟类胡萝卜素降解产物含量以施氮量为 82.5 kg/hm² 时最高^[10], 云南产区施氮量为 60 kg/hm² 时其总含量最高^[11], 浙江产区香料烟大部分类胡萝卜素降解产物含量以施氮量为 105 kg/hm² 时最高^[12], 新疆产区香料烟以 50% 有机氮用量时其类胡萝卜素降解产物含量最高^[13]。不同类型晾晒烟所需的适宜施氮量不同, 李兰周^[14]在研究不同氮用量和追肥时期对白肋烟生长发育和品质的影响时发现, 四川产区白肋烟施氮量为 195 kg/hm² 时调制后类胡萝卜素降解产物含量最高; 王德宝等^[15]则认为施氮量为 210 kg/hm² 时其含量最高, 这可能与二者试验地区不同有关, 但二人研究结果均认为以 60% 肥料作为基肥有利于提高调制后类胡萝卜素降解产物含量; 任昭辉等^[16]研究了不同氮用量对晒红烟光合色素和化学成分的影响, 结果显示吉林产区晒红烟施纯氮 135 kg/hm² 时烟叶在生长发育过程中色素积累高峰期类胡萝卜素含量最高, 且此氮用量处理有利于类胡萝卜素在成熟期的降解, 且类胡萝卜素降解产物含量随有机氮比例增加均呈单峰变化趋势, 以施用 50% 有机氮+50% 无机氮时其含量最高^[17]; 而广昌产区不同部位烟叶调制后类胡萝卜素降解产物含量对氮用量的响应有所不同, 中部叶以施氮量为 240 kg/hm² 时其含量最高, 上部叶则以施氮量为 270 kg/hm² 时其含量最高^[18]。

1.1.2 钾肥。钾能增加烟叶中类胡萝卜素等与品质有关的物质合成与积累, 并直接影响烟叶的香气和香气量。钾肥配施种类及施钾水平和方法影响了烟叶中类胡萝卜素类降

基金项目 中国烟草总公司“鄂西南优质雪茄烟叶生产关键技术研究”(027Y2018-003)。**作者简介** 李林林(1992—), 女, 河南太康人, 硕士研究生, 研究方向: 烟草栽培生理生化。*通信作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事烟草栽培生理生化研究。**收稿日期** 2018-12-14; **修回日期** 2019-03-20

解产物含量;景沙沙等^[19]在研究不同钾肥处理对晒红烟质体色素及其降解产物的影响时发现,中部、上部叶在烟株生长过程中色素含量高峰期的类胡萝卜素含量、调制过程中类胡萝卜素的降解率及调制后的类胡萝卜素降解产物总含量均以硫酸钾和腐殖酸钾配施最高;杨双剑^[20]研究证明晒红烟施钾量为 375 kg/hm², N:P₂O₅:K₂O=1.0:2.0:2.5 时,巨豆三烯酮、金合欢基丙酮等大部分类胡萝卜素降解产物含量较高。此外,随追肥比例的提高及追肥时期的推迟,调制后白肋烟类胡萝卜素降解产物含量呈逐渐增高的趋势,以基追肥比例为 4:6,追肥在移栽后 15 和 30 d 各追 50% 其含量最高^[21]。

1.1.3 钼肥。钼元素是烟草必需的微量元素之一,影响烟草光合作用。不同研究结果均表明缺钼会破坏烟叶细胞内叶绿体结构,导致烟草生长发育期间的类胡萝卜素含量降低,且施钼能增加调制后烟叶类胡萝卜素降解产物含量^[22-26]。贺昕等^[27]在研究钼肥对晒红烟产量和品质的影响时指出,晒红烟在移栽后叶面喷施钼肥能提高烟叶类胡萝卜素降解产物总量,上部叶在移栽后 30 d 叶面喷施 1 次钼肥其含量较高,而中部叶在移栽后 30 d 和 45 d 各喷施 1 次钼肥其含量较高。

1.2 种植密度 种植密度通过改变烟株有效截光叶面积、群体光合效能和田间微气象条件,进而影响烟株最终的产质量。种植密度对烟叶香气成分的影响主要表现在密度大,田间遮阴严重不利于调制期间类胡萝卜素的降解^[28-31]。景延秋等^[32]研究显示,白肋烟类胡萝卜素降解产物含量随着种植密度的增加而降低,种植密度为 16 667~20 202 株/hm² 对类胡萝卜素降解产物含量影响不大。马波波等^[33]指出,晒红烟中、上部叶类胡萝卜素降解产物含量以种植密度为 16 660 株/hm² 时最高。

1.3 留叶数 留叶数不仅影响烟叶产量和叶片发育及营养状况,而且会对香气前体物的形成和降解以及调制后烟叶的香气成分含量产生影响。当种植密度相同时,留叶数影响烟叶单叶片干物质的分配量及类胡萝卜素等质体色素的积累与转化^[34-35]。史宏志等^[36]报道,白肋烟中巨豆三烯酮等大部分类胡萝卜素降解产物含量随留叶数的增加而呈现逐渐减少的趋势,这与留叶数较少时叶片营养代谢水平较高有直接关系。

1.4 采收成熟度 质体色素的降解转化主要发生在烟叶的成熟和调制阶段,成熟和调制过程中色素类物质的降解比例将对调制后烟叶的品质产生重要影响,而采收成熟度的控制对于调制过程类胡萝卜素的降解作用较大^[37-38]。赵宇等^[39]研究了采收时期对白肋烟中性香气物质含量的影响,结果显示,打顶四周后半整株砍收,调制后类胡萝卜素降解产物含量最高;吴疆^[40]则认为,打顶三周后砍收其含量最高。而晒红烟上部叶在适熟时采收,中部叶在尚熟时采收,调制后类胡萝卜素降解产物含量最高;晒黄烟的中部叶在尚熟或适熟时采收其含量最高^[41]。

1.5 采收方式 烟叶采收方式影响着烟叶调制过程中水分

含量的变化,进而影响着类胡萝卜素等大分子物质的降解和转化^[42]。尹永强^[43]在研究采收方式对吉林晒红烟品质的影响时指出,与摘叶采收相比,晒红烟带拐采收类胡萝卜素降解速度和降解量均增加;而郭世英等^[44]认为中部叶类胡萝卜素降解产物总量以 3 次采收烟叶中含量最高,上部叶则以 2 次采收其含量最高。

2 调制措施

2.1 调制温湿度 我国晾晒烟香气质量普遍低于国外,其原因主要是调制过程色素降解不彻底,香味物质形成和转化偏少,因此晾晒烟调制过程中温湿度设置工艺是关键因素。一般晾晒烟的调制过程分为变黄期、变褐期和干筋期 3 个时期,不同时期温湿度条件下类胡萝卜素的降解量和降解速率不同,导致最终降解产物含量差异。周海燕等^[45-46]通过将云南宾川和云龙县生产的烟叶互换调制发现,其类胡萝卜素降解产物的总量表现为宾川县生产的白肋烟烟叶在湿度相对较高的云龙县晾制后,中上部叶分别提高了 29.75% 和 27.55%;云龙县生产的烟叶在本地晾制同样比宾川县晾制提高了 18.17%,含量差异达到了极显著水平,且不同晾房物理保湿措施对调制后烟叶类胡萝卜素降解产物总量影响较大,其含量的大小顺序为遮阳网、黑色薄膜、麻包片、对照。顾会战^[47]指出雪茄烟叶中类胡萝卜素在整个调制过程中降解较慢,降解量较小,同样湿度条件下,高温有利于类胡萝卜素的降解,同样的温度条件下,则表现为随湿度的上升分解较快,分解量变大;Burton 等^[48]还发现高温调制不仅对类胡萝卜素的分解有加速作用,还能大大降低氧化程度更高的叶黄素和胡萝卜素的浓度,从而提高调制后类胡萝卜素降解产物含量。

2.2 调制方法与堆捂时间 调制方法是影响烟叶中质体色素含量的重要因素之一,是不同基因型烟草香味物质特征形成的基础,调制方法的不同使调制环境差异较大,进而导致香味物质的组成和含量发生变化^[49-54]。张广东等^[55-56]认为改变调制方式对白肋烟中上部叶中性香气物质含量影响很大,且不同调制方式下类胡萝卜素降解产物含量差异明显,其总量和巨豆三烯酮含量均以先晾后烤调制处理最高;将云南和四川白肋烟以烘烤和晾制 2 种方法调制后发现,类胡萝卜素降解产物总量烘烤较晾制有所增加,且较晾制分别提高了 23.4% 和 23.98%。时向东等^[57]研究表明,与传统折晒相比,晾制晒红烟中部叶大部分类胡萝卜素降解产物含量较高,但总量远低于折晒晒红烟,且晒红烟上部叶调制前进行适当的晾制,中部叶直接晒制有利于促进烟叶类胡萝卜素降解,且其上部叶类胡萝卜素降解产物总量以晾制 10 d 后晒制最高。刘国庆^[58]研究结果显示,堆捂和烘烤可以提高调制后晒黄烟中类胡萝卜素主要降解产物的含量,其总量表现为烤晒结合其含量最高,传统全晒最低。

烟叶的含水率随堆捂时间的延长整体呈现下降的趋势,且适当的堆捂有利于提高 LOX、SOD、CAT 等酶的活性,相关研究表明,堆捂期间,类胡萝卜素含量与烟叶的含水率呈极显著正相关,而与 LOX、SOD、CAT 等酶活性的负相关性达到

了极显著水平,为此根据基因型、部位等因素对调制前的烟叶进行适当的预堆捂对于提高调制后类胡萝卜素降解产物含量具有促进作用。温华东等^[59]研究表明,香料烟晾制2 d后调制类胡萝卜素降解量最大,降解产物含量最高;李宝宝^[60]指出晒红烟上部叶内含物充实,可根据天气状况堆捂2~3 d后上折晒制,中部叶内含物较上部叶少,烟叶水分含量较高,可堆捂1~2 d,以提高烟叶类胡萝卜素降解产物含量。

3 展望

前人在氮肥、调制对晾晒烟类胡萝卜素降解产物含量的影响方面做了较多研究,但对类胡萝卜素降解机理的研究不够深入和详细,可以通过加强对类胡萝卜素降解机理的研究,调控类胡萝卜素合成基因、降解基因及影响类胡萝卜素合成及降解基因相关酶的活性,在原品种的基础上,培育新的类胡萝卜素含量高的烟草品种,促进类胡萝卜素在生长期的合成及调制期间的降解,进而提高其降解产物含量。其次,栽培措施方面,前人对氮肥、钾肥也做了相关研究,但对于大量元素磷的研究还很少,磷作为烟草最重要的元素之一,其含量多少及与其他养分之间的相互作用影响着酮类、醇类等香气成分的合成与含量,对烟叶的类胡萝卜素降解产物含量有很大的间接影响^[34];镁和铁是叶绿素的成分,对光合作用有重要作用,缺镁缺铁会使烟叶中叶绿素、类胡萝卜素含量减少,前人在这些元素对晾晒烟影响方面的研究较少。此外,结合影响类胡萝卜素在烟株生长发育期间积累的各个生态因素如光照、海拔、水分等,筛选适宜的种植区,为提高其降解产物含量打下基础。最终,针对我国晾晒烟类胡萝卜素向致香成分转化率低的现状,优化调制工艺,从类胡萝卜素降解物质含量角度分析不同基因型、不同部位烟叶的最佳调制工艺、时间及调制环境,例如在调制初期,光会抑制类胡萝卜素的破坏,而调制后期不同光照处理的色素浓度的差异很小^[61-62],因此可在调制初期创造促进类胡萝卜素降解的适宜光环境;在调制期间温湿度较低的产区,可从改变采收方式和调制方法入手,采用带茎采收,减缓调制期间烟叶失水速率,使类胡萝卜素降解转化更充分,也可采用带茎烘烤的调制方法,对调制期间的温湿度进行控制,提高类胡萝卜素转化率,从而使类胡萝卜素降解产物含量接近国外优质晾晒烟。

参考文献

[1] 韩富根.烟草化学[M].2版.北京:中国农业出版社,2010.
 [2] 张嘉炜.生物炭对烟草类胡萝卜素代谢的影响及LCY-b基因过表达调控研究[D].郑州:河南农业大学,2016.
 [3] 张渝婕,赵铭钦,贺凡,等.密度和氮用量对烤烟上部叶中性致香物质和感官质量的影响[J].中国烟草科学,2015,36(6):37-42.
 [4] 汪耀富,高华军,刘国顺,等.氮、磷、钾肥对烤烟化学成分和致香物质含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(1):76-81.
 [5] 符云鹏,刘国顺,王延亭,等.有机氮用量对香料烟香味物质及产量品质的影响[J].河南农业大学学报,2004,38(4):436-440.
 [6] GRUNWALD C, SIMS J L, SHEEN S J. Effects of nitrogen fertilization and stalk position on chlorophyll carotenoids and certain lipids of three tobacco genotypes[J]. Can J Plant Sci, 1977, 57(2): 525-536.
 [7] HAHNE K S, SCHUCH U K. Response of nitrate and ammonium on growth of *Prosopis velutina* and *Simmondsia chinensis* seedlings[M]. Tucson: University of Arizona Extension Publisher, 2004.
 [8] 傅泰露,曾宪立,郎定华,等.不同肥料配施对烤烟生长发育及产质量的影响[J].山西农业科学,2017,45(12):1975-1978.

[9] 符云鹏,刘国顺,宋玉川,等.氮肥种类对香料烟生长及产量品质的影响[J].河南农业大学学报,2003,37(1):68-73.
 [10] 刘建军,符云鹏,李亚飞,等.氮肥用量对香料烟香味成分及感官质量的影响[J].中国烟草科学,2012,33(2):68-73.
 [11] 符云鹏.香料烟品质形成对生态的响应及水氮调控研究[D].郑州:河南农业大学,2012.
 [12] 张晓燕,符云鹏.氮用量对香料烟生长发育及产量品质的影响[J].浙江农业科学,2011(3):541-544.
 [13] 符云鹏,刘国顺,王延亭,等.有机氮用量对香料烟香味物质及产量品质的影响[J].河南农业大学学报,2004,38(4):436-440.
 [14] 李兰周.不同氮用量和追肥时期对白肋烟生长发育和品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2009.
 [15] 王德宝,史宏志,杨兴有,等.氮肥用量和基追肥比例对白肋烟化学成分和香气物质含量的影响[J].烟草科技,2011(6):60-66.
 [16] 任昭辉,朴世领,金铭路,等.不同氮用量对晒红烟光合色素和化学成分的影响[J].延边大学农学学报,2010,32(1):34-38,55.
 [17] 董康楠.不同施肥方式对吉林晒红烟生长发育及产量品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2013.
 [18] 符云鹏,法鹏飞,冯小虎,等.氮肥水平对广昌晒烟品质及氮肥效率的影响[J].江西农业学报,2015,27(8):49-52.
 [19] 景沙沙,符云鹏,魏利,等.不同钾肥处理对晒红烟质体色素及其降解产物的影响[J].河南农业大学学报,2015,49(6):748-755.
 [20] 杨双剑.不同施钾水平和施钾方法对晒红烟生长及品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2005.
 [21] 靳双珍.基追肥比例和追肥时期对白肋烟产量和品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2010.
 [22] ARNON D I, STOUT P R. Molybdenum as an essential element for higher plants[J]. Plant physiology, 1939, 14(3): 599.
 [23] 李章海,宋泽民,黄刚,等.缺钼烟田施钼对烟草光合作用和氮代谢及烟叶品质的影响[J].烟草科技,2008(11):56-58.
 [24] 武雨,李章海,叶文玲,等.钼胁迫对烟草光合荧光参数和叶绿体超微结构的影响[J].农业机械学报,2014,45(8):262-268.
 [25] 郭晓惠,贺方云,张纪利,等.不同施钼方式对烤烟香气成分的影响[J].江苏农业科学,2013,41(4):99-100.
 [26] 黄泰松,张纪利,金亚波,等.施钼对烟草香气成分含量的影响[J].江苏农业科学,2012,40(6):94-95.
 [27] 贺昕昕,符云鹏,李宝宝.钼肥对晒红烟产量和品质的影响[J].山东农业科学,2016,48(11):85-88.
 [28] 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.
 [29] 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.
 [30] 汪耀富,孙德梅,韩富根.密度和地膜覆盖对烟田冠层生理特性和土壤水分利用效率的影响[J].烟草科技,2003(12):27-30.
 [31] ANDERSON R A, KASPERBAUER M J, BURTON H R, et al. Change in chemical composition of homogenized leaf cured and air-cured burley tobacco stored in controlled environments[J]. J Agric Food Chem, 1982, 30(4): 663-668.
 [32] 景延秋,杨宇熙,李广良,等.不同种植密度对白肋烟中性香味物质的影响[J].西北农业学报,2012,21(3):103-107.
 [33] 马波波,王梦雅,王娟,等.种植密度对晒红烟田间光照强度及烟叶产质量的影响[J].华北农学报,2016,31(6):125-130.
 [34] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:2-7.
 [35] 赵辉,赵铭钦,程玉渊,等.不同密度和留叶数对烤烟质体色素及其降解产物的影响[J].江苏农业学报,2010,26(1):46-50.
 [36] 史宏志,李志,谢子发,等.白肋烟留叶数对叶片中性香气成分和生物碱含量的影响[J].河南农业大学学报,2008,42(4):375-379.
 [37] 蔡宪杰,王信民,尹启生.成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J].中国烟草学报,2005,11(4):42-46.
 [38] 黄树永,付祺,郭伟,等.不同成熟度烤烟质体色素的降解转化差异及其与品质的关系[J].中国农学通报,2013,29(3):203-208.
 [39] 赵宇,阳华丽,杨兴有,等.采收时期对白肋烟常规化学成分和中性香气物质含量的影响[J].作物研究,2018,32(1):51-54.
 [40] 吴疆.气候条件对四川白肋烟质量特色的影响[D].郑州:河南农业大学,2014.
 [41] 李宝宝,法鹏飞,程谦,等.不同采收成熟度对广昌晒红烟质量的影响[J].山东农业科学,2016,48(3):39-42,46.
 [42] 余金恒,代丽,刘霞,等.采收方式对烤烟上部叶烘烤过程生理特性及品质的影响[J].云南农业大学学报,2009,24(2):210-215.

重,其中以叶全剪粒重降低程度最大,其次为剪剑叶。SSR分析可知,各剪叶处理与叶全留(对照)之间实粒重差异均达极显著水平,但各剪叶处理之间的实粒重差异不显著(表4)。通过计算不同叶位叶片对产量的贡献率得出,不同叶位叶片对产量的贡献率不同,其中剑叶对产量的贡献率最大(38.57%),倒二叶次之(27.23%),倒三及以下叶片对产量的贡献率最小(18.78%)。

表4 两优398实粒重的SSR比较

Table 4 SSR comparison of grain weight of Liangyou 398

序号 Code	剪叶处理 Leaf cutting treatment	实粒重 Grain weight mg/粒
1	全叶留(CK)	26.78 aA
2	剪剑叶	24.67 bB
3	剪倒二叶	24.48 bB
4	剪倒三及以下叶	23.65 bB
5	剪全部叶	23.34 bB

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著;同列不同大写字母表示在0.01水平差异极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

3 结论与讨论

超级杂交稻最显著的特征是超高产。水稻的超高产以获取高生物学产量为前提^[7],而作物生物学产量的90%~95%来自光合产物^[8],水稻最终籽粒产量的形成约有80%来自抽穗后形成的干物质,中后期功能叶光合能力强、叶片光合功能期长是超级杂交稻超高产的重要物质基础,功能叶对提高结实粒数和促进中上部节间的发育、籽粒的灌浆和结实等起重要作用^[9]。人为减少叶面积(如剪叶)造成源不足,引起库器官充实不良,结实率、籽粒充实度及粒重显著降低,从而增加空秕粒率等^[10-11],这与该研究结果基本一致。

该研究还表明,剪叶处理明显增加一次枝梗的空秕粒

率,减少其结实率,其中叶片全剪空秕粒率最高、结实率最低,剪剑叶结实率减少、秕粒率增加的幅度虽小于叶片全剪,但要明显高于其他处理。且各剪叶处理对一次枝梗空秕粒率、结实率的影响均大于对二次枝梗空秕粒率、结实率的影响,剪叶处理会显著增加空秕粒率,尤其是二次枝梗的空秕粒率。其原因可能是剪叶处理一方面在不同程度上减少了功能叶(源)光合产物合成与积累,造成源亏缺,另一方面植物不同叶位叶片的光合产物分配有“就近供应,同侧运输”的特点,一次枝梗直接与穗抽相连,二次枝梗是一次枝梗上的分枝,因此二次枝梗比一次枝梗灌浆物质运输距离远,枝梗维管束面积小,灌浆慢,营养竞争能力差,易形成空秕粒。因此,超级杂交稻在籽粒灌浆中后期应确保功能叶不受伤害,并采取栽培措施改善群体结构,提高叶片的功能性,这是获取高产优质的途径之一。

参考文献

- [1] 吴俊,邓启云,袁定阳,等.超级杂交稻研究进展[J].科学通报,2016,61(35):3787-3796.
- [2] VENKATESWARLU B, VISPERAS R M. Source-sink relationships in crop plants: A review[J]. IRRI Research Paper Series, 1987, 125: 19.
- [3] 张祖建,朱庆森,王志琴,等.水稻品种源库特性与胚乳细胞增殖和充实的关系[J].作物学报,1998,24(1):21-27.
- [4] 翟虎渠,曹树青,万建民,等.超高产杂交稻灌浆期光合功能与产量的关系[J].中国科学(C辑),2002,32(3):211-217.
- [5] 黄锦文,梁义元,林文雄,等.超级稻籽粒灌浆特性及其生理生化基础[J].福建农业学报,2002,17(3):143-147.
- [6] 敖和军,王淑红,邹应斌,等.不同施肥水平下超级杂交稻对氮、磷、钾的吸收累积[J].中国农业科学,2008,41(10):3123-3132.
- [7] 袁隆平.选育超高产杂交水稻的进一步设想[J].杂交水稻,2012,27(6):1-2.
- [8] ZELITCH I. The close relationship between net photosynthesis and crop yield[J]. Bio Science, 1982, 32(10):796-802.
- [9] 李荣田,崔成焯,秋太权.黑龙江不同梗稻品种穗部性状差异及其对结实率的影响[J].东北农业大学学报,2000,31(4):318-325.
- [10] 彭春瑞,董秋红,涂田华,等.亚种间杂交稻的源库关系的研究[J].江西农业大学学报,1995,17(4):400-404.
- [11] 钱月琴,贺东祥,沈允钢.杂交稻籽粒充实率问题初探[J].植物生理学通讯,1992,28(2):121-123.
- [12] [J].烟草科技,1995(5):31-34.
- [13] 孙福山.烤烟调制过程中香气成分的研究及其应用技术探讨[J].中国烟草科学,1997(2):39-41.
- [14] 白震.烤烟烘烤干筋期的温度与香味味[J].烟草科技,1984(1):56-60.
- [15] 张广东.改变调制方式对烟叶化学成分及感官质量的影响[D].郑州:河南农业大学,2015.
- [16] 张广东,史宏志,杨兴有,等.烤烟和白肋烟互换调制方法对烟叶中性香气物质含量及感官质量的影响[J].中国烟草学报,2015,21(4):34-39.
- [17] 时向东,王旭峰,林开创,等.不同调制方法对晒红烟品质的影响[J].河南农业科学,2013,42(4):55-58.
- [18] 刘国庆.晒黄烟调制过程中生理生化变化和调制技术研究[D].郑州:河南农业大学,2004.
- [19] 温华东,宗会,张燕,等.香料烟不同晾制处理调制过程中生理活性研究[J].云南农业大学学报,2004,19(1):17-20.
- [20] 李宝宝.不同堆捂时间和调制方式对广昌晒红烟生理特性及品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2016.
- [21] 左天觉.烟草的生产、生理和生物化学[M].上海:远东出版社,1993.
- [22] BURTON H R, KASPERBAUER M J. Changes in chemical composition of tobacco *Nicotiana tabacum* lamina during senescence and curing I. Plastid pigments[J]. J Agric Food Chem, 1985, 33(5):879-883.

(上接第14页)

- [43] 尹永强.晒红烟在晒制过程中的生理生化变化及采收方式研究[D].郑州:河南农业大学,2006.
- [44] 郭世英,赵晓军,符云鹏,等.采收方式对吉林晒红烟品质及经济性状的影响[J].山东农业科学,2016,48(1):35-39.
- [45] 周海燕,苏菲,孙军伟,等.生态环境对白肋烟上部叶的品质和中性香气成分的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(7):844-852.
- [46] 周海燕,史宏志,孙军伟,等.物理保湿对宾川白肋烟上部叶调制及其香气物质含量的影响[J].河南农业大学学报,2013,47(1):26-31,42.
- [47] 顾会战.调制温湿度条件对雪茄外包烟叶生理变化与理化特性的影响[D].郑州:河南农业大学,2006.
- [48] BURTON H R, BUSH L P, HAMILTON J L. Effect of curing on the chemical composition of burley tobacco[J]. Recent Adv Tobacco Science, 1983, 9:91-153.
- [49] 王小兵,苗润隆,刘应华,等.采收方式对烤烟上部烟叶色素和多酚化合物的影响[J].安徽农业科学,2017,45(6):20-21.
- [50] LEFFINGWELL J C. Tobacco flavoring for smoking products II[J]. Tob Sci, 1967, 32:495-502.
- [51] STEDMAN R L. The chemical composition of tobacco and tobacco smoke[J]. Chem Rev, 1968, 68:153-207.
- [52] 官长荣,汪耀富,赵铭钦,等.烘烤过程中烟叶香气成分变化的研究