

摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶生理特性及产质量的影响^①

刘 领¹, 李 冬¹, 周俊学², 白 峰³, 王艳芳¹, 申洪涛^{3*}

(1 河南科技大学农学院, 河南洛阳 471023; 2 河南省烟草公司洛阳市公司技术中心, 河南洛阳 471023;

3 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 郑州 450016)

摘 要:为优化烤后烟叶的等级结构,提高上部烟叶的工业可用性和烤烟生产效益,以烤烟“豫烟6号”品种为材料,采用田间试验研究了摘除下部6片不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶农艺性状、光合特性、碳氮代谢、烤后烟叶化学成分及经济性状的影响。结果表明,与不摘除下部不适用叶和摘除下部4片不适用叶相比,摘除下部6片不适用叶显著提高了上部烟叶叶面积、叶绿素含量、光合性能、碳氮代谢强度、总氮和烟碱含量,降低了还原糖含量、糖碱比及烤烟产值。与仅摘除下部6片不适用叶相比,摘除下部6片不适用叶条件下喷施微肥进一步促进了烤烟上部叶的生长,显著增加了烤后烟叶的还原糖含量、糖碱比、钾含量和烤烟产值,显著降低了上部叶烟碱含量。摘除下部6片不适用叶联合喷施微肥较不摘除下部不适用叶处理,上部叶叶面积、单叶重、钾含量、钾氯比和上中等烟比例分别提高了10.66%、16.49%、13.43%、18.27%和15.00%。总体来看,摘除下部6片不适用叶联合喷施微肥能促进上部叶开片,提高烤后烟叶的等级结构,改善上部烟叶的品质,增加烤烟的经济效益。

关键词:下部不适用叶;微肥;烤烟;生理特性;等级结构;产量品质

中图分类号:S572 **文献标识码:**A

目前,国内大品牌一、二类卷烟配方中主要依赖于数量有限的腰叶和进口烟叶,优质烟叶原料短缺问题日益突出^[1]。烤烟上部烟叶因其浓度厚实饱满,香气浓郁,有助于提高卷烟产品的烟气浓度和丰富烟香,在塑造卷烟香气风格和缔造品质中发挥着重要的作用^[2]。然而,我国烤烟生产中常出现上部叶生长发育不良、开片不佳、叶片偏厚、组织结构紧密、内在化学成分不协调和配伍性不强等现象,导致上部烟叶在卷烟工业中的可用性偏低,与国外上部烟叶在卷烟配方中占到整个烟叶使用率高达40%。差距较大^[3]。与此同时,烤烟下部4~6片叶由于营养水平偏低,内在化学成分积累不足,且烤后烟叶多为柠檬黄,叶片薄且油分少,加之目前烘烤成本费用不断上升,采收下部叶经济价值较低^[4]。因此,提高上部烟叶在卷烟工业重点品牌中的使用已经成为企业发展的必然选择,也是烟草行业不可回避的重要研究课题。

研究表明通过田间摘除不适用下部叶,能够改善烟叶群体生长环境,协调烟株个体养分分配,提高烤烟上部叶的开片度和烤后烟叶的内在品质。如李伟等^[5]研究表明摘除下部叶片数量对烤烟上部烟叶的开片度、叶片厚度、叶质重具有显著影响。我们前期的研究也表明通过田间一次性摘除不适用下部叶4片和6片能够提高烤烟上部烟叶的净光合速率和叶绿素含量,对上部烟叶生长具有一定的补偿效应,然而摘除4片叶处理烤后烟叶仍存较多的低等次下部叶,而摘除6片叶处理烤后烟叶的上等烟比率显著提升,但较摘除4片叶产量有所损失^[6]。研究表明烟叶成熟期加强营养调控也是提高上部叶可用性的有效途径,其中叶面喷施微肥可以及时补充烟株养分、改善烟株营养、促进叶片生长,并能显著提高烤烟的产量和品质,已被证明是一种成本低、见效快、可操作性强的施肥措施^[7-11]。如赵佳佳等^[12]研究表明,叶面喷施钼或锌不仅能显著提高烤后上部叶的叶

基金项目:国家自然科学基金项目(31700367)、河南中烟工业有限责任公司项目(ZW2014005)、洛阳市烟草公司项目(201407)和河南科技大学学科提升振兴A计划项目(13660002)资助。

* 通讯作者(271147520@qq.com)

作者简介:刘领(1978—),男,河南项城人,博士,副教授,研究方向为烟草栽培生理生态。E-mail: liulinghenan@126.com

长、叶宽、叶质重、填充值和抗张力，降低含梗率，而且不同程度地提高上部叶两糖、总氮和钾含量，增大糖碱比、钾氯比，降低烟叶烟碱和氯含量，有效改善烟叶化学成分的协调性，且钼和锌混合喷施对烤烟上部叶开片、物理性状、内在品质的改善作用效果最佳。孙艳敏等^[13]研究表明，锰肥及锌、硼肥配施对提高烟叶产量、改善品质有促进作用，且在一定程度上能促进烟叶对钾的吸收。然而，在全国深入推进优化烟叶等级结构工作的形势下，田间摘除不适用烟叶与叶面喷施微肥对烤烟上部叶调控的耦合效应却未见报道。豫西烟区是我国著名的优质烟叶产区之一，然而因烟叶生长期降雨量少，导致上部叶开片不充分、工业可用性低等问题较为突出^[14]，且我们课题组前期通过对洛阳烟区植烟土壤养分调查发现，95%以上的土壤普遍缺乏硼和钼微量元素^[15]。鉴于此，本试验以豫西烟区主栽烤烟品种‘豫烟6号’为对象，研究摘除下部6片不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶生理特性、烤后烟叶化学成分及经济性状等指标的影响，旨在探讨提高烤烟上部叶可用性的技术途径，为豫西烟区优质烟叶生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于2017年在河南省洛阳市宜阳县石村现代烟草农业示范区进行(34°54' N, 111°82' E)，供试烤烟品种为‘豫烟6号’。试验所用的微肥是一种微量元素水溶叶面肥(所含微量元素主要为Mn、Zn和B, Mn+Zn+B≥10.0%)，由洛阳启禾生态农业科技有限公司提供。试验区年均气温13.7℃，年均无霜期216d，年降水量600~800mm。土壤为褐土，基本理化性质为：pH 8.1，有机质12.8g/kg，碱解氮55.6mg/kg，有效磷10.2mg/kg，速效钾136.7mg/kg，有效锰8.36mg/kg，有效锌0.92mg/kg，有效硼0.31mg/kg，肥力水平偏低。

1.2 试验设计

在田间烟株50%中心花开时统一摘除长度小于20cm顶叶，正常打顶，打顶时设置4个处理。CK1(对照1)：打顶时不摘除下部不适用叶，留叶22片，喷施清水；CK2(对照2)：打顶时摘除下部不适用叶4片，留叶18片，喷施清水；T1：打顶时摘除下部不适用叶6片，留叶16片，喷施清水；T2：打顶时摘除下部不适用叶6片，留叶16片，喷施微肥。每处理随机排列，重复3次，每小区面积50m²(长10m×宽5m)。T2处理微肥于烟株打顶前一周和

打顶当天均匀喷施烟叶正反两面，以叶片湿润且无溶液滴下为宜，其他处理喷施等量的清水。

试验田按当地生产习惯统一施用375kg/hm²芝麻饼肥、300kg/hm²烟草专用复合肥(N:P:K=8:10:12)、150kg/hm²硫酸钾和150kg/hm²生物质炭作为基肥；烟株缓苗期追施75kg/hm²硝酸钾作为提苗肥。烟苗统一在5月8日移栽，田间行距1.2m，株距0.5m，密度为16665株/hm²，其他田间管理措施按照洛阳市烤烟生产技术标准执行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积测定 于打顶当天，打顶后10、20、30d，选取各处理预先标记的长势均匀且具有代表性的烟株及其上部叶叶片(从上往下数第3片叶)，测量其叶长和叶宽，并计算叶面积(叶面积=叶长×叶宽×0.6345)。

1.3.2 光合指标测定 于打顶当天，打顶后10、20、30d，采用美国LI-COR公司生产的Li-6400型便携式光合系统分析仪，在9:00—11:00测定标记叶片的净光合速率(P_n)、胞间二氧化碳浓度(C_i)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)。Li-6400仪器使用开放式气路，内置光源，光强为1500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

1.3.3 叶绿素含量测定 于打顶当天，打顶后10、20、30d，采用日本KONICA公司生产的SPAD-502叶绿素测定仪测定标记叶片的叶绿素相对含量(SPAD值)。

1.3.4 碳氮代谢酶活性测定 于打顶当天，打顶后10、20、30d，采集各处理标记上部叶叶片，用锡箔纸包住，立即带回实验室测定碳氮代谢相关酶活性。采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定淀粉酶(AM)活性与转化酶(Inv)活性，淀粉酶活力以单位质量样品在一定时间内生成麦芽糖的量来表示，转化酶活性的高低以单位质量样品在一定时间内蔗糖转化为葡萄糖的量来表示^[16]；活体法测定硝酸还原酶(NR)活性^[17]。

1.3.5 烤后烟叶经济性状及主要化学成分测定 烟叶成熟采收时各小区分开挂牌编号，统一条件下烘烤。烤后烟草经济性状按国家42级分级标准对全部初烤烟叶进行分级和统计^[18]。烤后烟叶产量、均价、产值按小区计算，然后折合成最终产量和产值^[19]。每个小区取烤后B₂F等级烟叶1kg，在河南中烟工业有限责任公司技术中心采用德国Bruker公司生产的MATRIX-I近红外光谱仪测定烤后上部烟叶的常规化学成分。

1.4 数据处理与分析

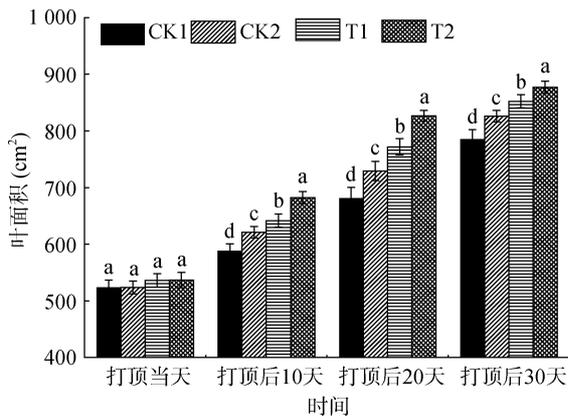
试验数据采用Microsoft Excel 2013、IBM

Statistics SPSS 22.0 和 Origin 9.0 进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶叶面积的影响

从图 1 可知,在打顶当天,不同处理之间上部烟叶叶面积均无显著性差异,在打顶后的 10、20 和 30 d,上部烟叶叶面积显著增加,不同处理之间均存在显著性差异。在打顶后的 10、20 和 30 d,均以 T2 的叶面积最大,对照 CK1 的叶面积最小,不同处理的叶面积大小表现为:T2>T1>CK2>CK1。在打顶后 30 d,CK2、T1 和 T2 分别较 CK1 提高了 4.21%、7.54% 和 10.66%。说明各处理在顶端优势未被消除时,烟株代谢中心和养分分配还未改变,不利于烟叶干物质积累与叶面积增加;在烟株打顶后,随着摘除下部不适用叶数量的增加,上部烟叶叶面积均显著性提高;摘除下部 6 片不适用叶条件下,与未喷施微肥相比,喷施微肥的上部烟叶叶面积显著性增加。



(CK1: 不摘除下部不适用叶,留叶数 22 片;CK2: 摘除下部 4 片不适用叶,留叶数 18 片;T1: 摘除下部 6 片不适用叶,留叶数 16 片;T2: 摘除下部 6 片不适用+喷施微肥;同一时期不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05),下同)

图 1 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶叶面积的影响

Fig.1 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on the leaf areas of upper tobacco leaves

2.2 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶叶绿素含量的影响

叶绿素是植物叶片进行光合作用的主要执行者,负责光能的吸收、传递以及能量转换。由图 2 可知,上部烟叶叶绿素含量总体上呈现降低的趋势,在打顶当天至打顶后 20 d 阶段内,各处理之间差异性均达显著水平,以 T2 处理的叶绿素含量最高,对照 CK1

的叶绿素含量最低,不同处理的叶绿素含量大小排序为:T2>T1>CK2>CK1。在打顶后 30 d,不同处理之间均无显著性差异。上述结果表明,在生长发育过程中,摘除下部不适用叶与喷施微肥均能显著提高烤烟上部叶叶绿素含量,而随着烟株生育期的推迟,上部烟叶逐渐成熟落黄,喷施微肥与摘除下部烟叶对叶绿素含量无显著性影响。

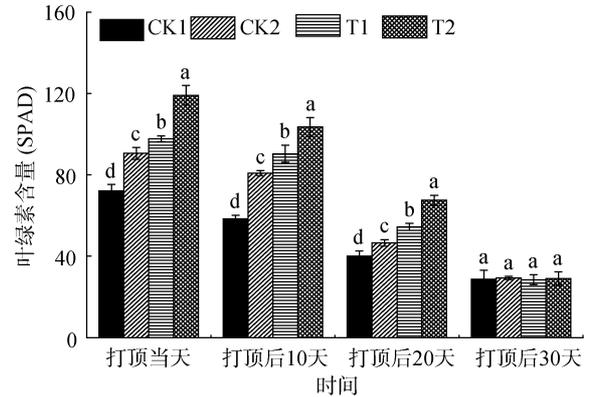


图 2 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on chlorophyll contents of upper tobacco leaves

2.3 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶硝酸还原酶活性的影响

硝酸还原酶是一种光诱导酶,是烤烟进行氮素吸收同化的限速酶,其酶活性的大小很大程度上决定着氮代谢的强弱。由图 3 可知,随着烟株生长发育,上部烟叶硝酸还原酶活性总体呈逐渐降低的趋势。在打顶当天和打顶后 10 d,不同处理之间硝酸还原酶活性均存在显著性差异,均以 T2 为最高,对照 CK1 为最低,硝酸还原酶活性大小表现为:T2>T1>CK2>CK1。在打顶后 20 d,随着上部烟叶成熟度提高,上部烟叶硝酸还原酶活性显著降低,表现为 T1>CK2>T2>CK1,且除 CK2 与 T2 无显著性差异外,其他各处理之间均存在显著性差异。说明随着摘除下部不适用叶数目的增加,上部烟叶硝酸还原酶活性逐渐增加;摘除下部 6 片不适用叶条件下,喷施微肥能在烟叶成熟期间显著提高上部烟叶硝酸还原酶活性,而随着上部烟叶成熟落黄,又能显著降低硝酸还原酶活性。

2.4 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶淀粉酶活性的影响

淀粉酶是碳代谢中的一种重要酶,可将叶绿体中积累的淀粉转化为单糖,酶活性高低直接关系到烟叶中淀粉的积累量,影响到整个光合过程中碳的固定。从图 4 可以看出,各处理的淀粉酶活性总体变化趋势

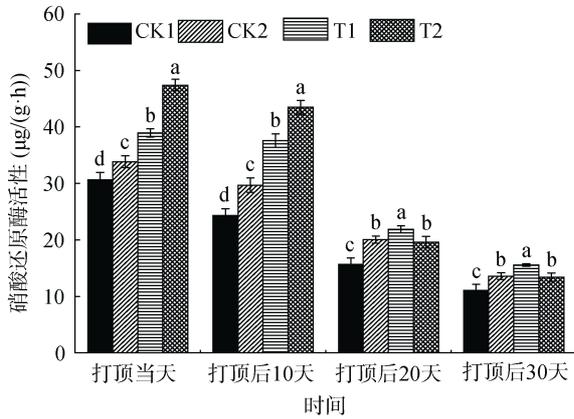


图 3 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶 NR 活性的影响
Fig. 3 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on NR activities of upper tobacco leaves

表现为先升高后下降。在打顶后各个时期,不同处理之间淀粉酶活性的差异性均达显著水平,以 T2 最高,对照 CK1 最低,各处理上部烟叶淀粉酶活性大小表现为:T2>T1>CK2>CK1。说明随着摘除下部不适用叶数目的增加,上部烟叶淀粉酶活性逐渐升高;摘除下部 6 片不适用叶条件下,喷施微肥能显著提高上部烟叶淀粉酶活性。

2.5 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶转化酶活性的影响

转化酶可催化细胞质中蔗糖转化形成单糖,使叶绿体中淀粉积累减少,光合碳固定过程加强,反映烟株对碳的固定和转化代谢的强弱,是衡量烟株碳代谢强度的重要指标。由图 5 可知,在烟株打顶后,不同处理之间转化酶活性总体呈逐渐降低的变化趋势。随着烟株生育进程的推进,上部烟叶转化酶活性均以 T2 最高,对照 CK1 最低,且不同处理之间均存在显著性差异,总体表现为:T2>T1>CK2>CK1。说明摘

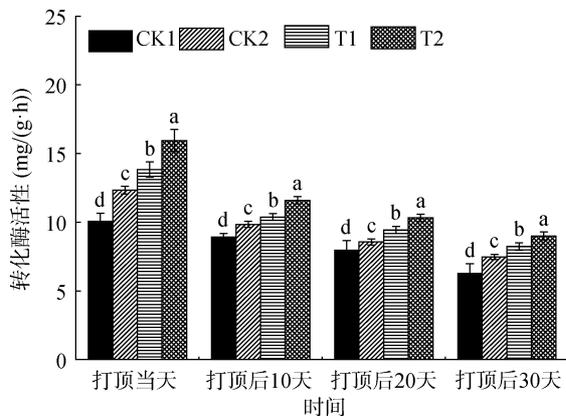


图 5 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶转化酶活性的影响

Fig. 5 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on Inv activities of upper tobacco leaves

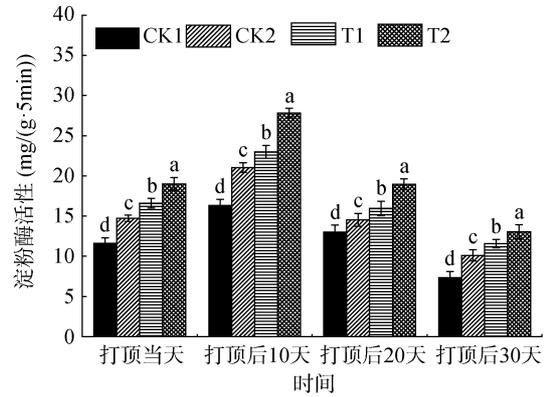


图 4 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶 AM 活性的影响

Fig. 4 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on AM activities of upper tobacco leaves

除下部不适用叶和喷施微肥对打顶后各个时期的转化酶活性的影响均达显著性水平,随着摘除下部不适用叶数量的增加,上部烟叶转化酶活性逐渐升高;摘除下部 6 片不适用叶条件下,喷施微肥能显著提高上部烟叶转化酶活性。

2.6 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶碳氮代谢协调性的影响

NR/Inv(硝酸还原酶/转化酶)是反映碳氮代谢协调性的重要指标,对烟叶成熟落黄和内部化学成分的形成转化有重要影响。由图 6 可以看出,随着上部烟叶逐渐发育成熟,上部烟叶碳氮代谢协调性呈现先升高后下降的趋势。在打顶当天, NR/Inv 值在不同处理之间无显著性差异,在打顶后 10 d,不同处理之间均存在显著性差异,且该时期上部烟叶氮代谢最为旺盛,之后开始由氮代谢向碳代谢方向转化,在打顶后 30 d, CK2、T1 与 CK1 之间均无显著性差异, T2 与 T1 之间的差异性达显著水平,表明喷施微肥能有效增强碳代谢,加速烟株碳水化合物化合物的积累,有助于上部烟叶的适时成熟。

2.7 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶光合性能的影响

光合作用是作物产量形成的基础及决定性因素,同时也是碳循环及其他物质循环的最重要环节。由图 7 可知,在烟株打顶后,随着烟株生长发育,各处理的上部烟叶净光合速率整体呈现出先降低后升高再下降的趋势,上部烟叶气孔导度与蒸腾速率的变化趋势均表现为逐渐下降,上部烟叶胞间 CO₂ 浓度呈现逐渐升高的趋势。在各个时期,不同处理之间的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率差异性均达显著水平,以 T2 为最高,对照 CK1 最低,总体表现为:T2>T1>CK2>CK1。不同处理之间的胞间 CO₂ 浓度均存在显

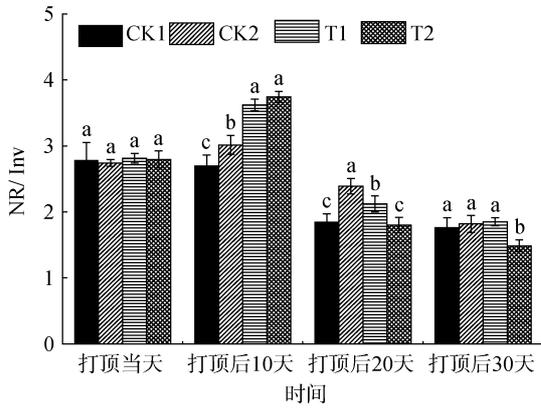


图 6 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶碳氮代谢协调性的影响

Fig. 6 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on the coordination of carbon and nitrogen metabolism of upper tobacco leaves

著性差异，以 T2 为最低，对照 CK1 最高，总体表现为：CK1>CK2>T1>T2。上述结果表明，随着摘除下部不适用叶数量的增加，上部烟叶净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均逐渐增强，胞间 CO₂ 浓度逐渐下降；摘除下部 6 片不适用叶条件下，喷施微肥能显著提高光合性能，促进有机物质的合成与积累。

2.8 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶化学成分的影响

一般认为优质烟叶的总糖含量要求达到 200 ~ 260 g/kg 还原糖 180 ~ 220 g/kg 总氮含量 20 ~ 25 g/kg，烟碱 22 ~ 28 g/kg，钾 20 g/kg 以上，氯 4 ~ 6 g/kg，糖碱比以 10 左右为宜。由表 1 可以看出，随着摘除下部不适用叶数量的增加，上部烟叶总氮含量、烟碱含量、钾含量与钾氯比均逐渐提高，还原糖与糖碱比逐渐降低，不同处理之间均存在显著性差异，相比对照 CK1，CK2 和 T1 的钾含量分别提高了 3.73% 和 6.72%。与 T1 处理相比，喷施微肥的 T2 处理上部烟叶还原糖含量、钾含量、糖碱比与钾氯比均得到显著提高，烟碱含量在一定程度上有所降低，且 T1 与 T2 之间差异性达显著水平。与对照 CK1 相比，T2 的钾含量和钾氯比分别提高了 13.43% 和 18.28%。综合分析认为，T2 处理化学成分指标趋于更协调。

2.9 摘除不适用叶与喷施微肥对烤后烟叶经济特性的影响

从表 2 可以看出，不同处理的上部烟叶单叶重之间均存在显著性差异，表现为：T2>T1>CK2>CK1；相比 CK1，T2、T1 和 CK2 处理上部叶单叶重分别提

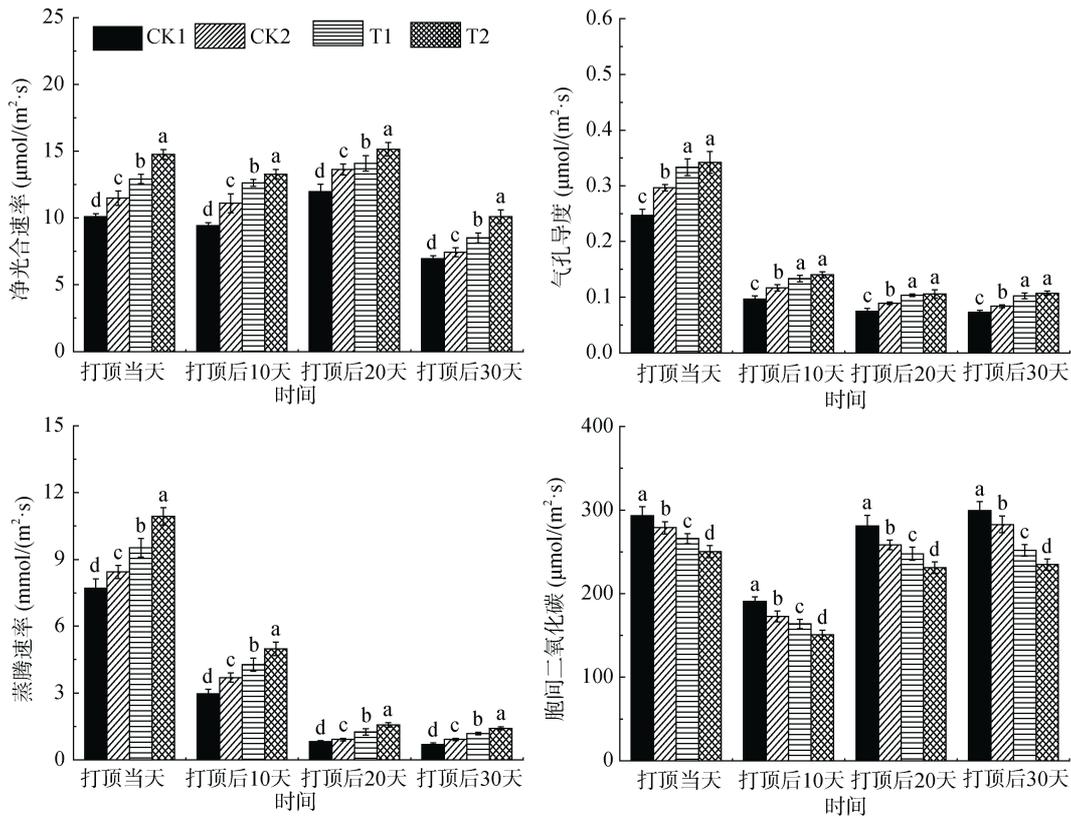


图 7 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶光合作用的影响

Fig. 7 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on photosynthesis of upper tobacco leaves

表 1 摘除不适用叶与喷施微肥对烤烟上部叶(B₂F)化学成分的影响

处理	总糖(g/kg)	还原糖(g/kg)	总氮(g/kg)	烟碱(g/kg)	氯(g/kg)	钾(g/kg)	糖碱比	钾氯比
CK1	281.72 ± 16.65 a	213.31 ± 4.37 a	20.12 ± 0.34 c	24.14 ± 0.26 c	4.85 ± 0.21 a	13.41 ± 0.32 d	11.69 ± 0.53 a	2.79 ± 0.03 d
CK2	242.53 ± 12.13 b	208.77 ± 3.26 b	20.71 ± 0.35 b	24.75 ± 0.21 b	4.83 ± 0.23 a	13.92 ± 0.15 c	9.82 ± 0.31 b	2.90 ± 0.04 c
T1	242.71 ± 13.54 b	196.43 ± 2.15 c	23.21 ± 1.17 a	26.47 ± 0.53 a	4.72 ± 0.15 a	14.33 ± 0.26 b	9.19 ± 0.23 c	3.04 ± 0.06 b
T2	247.16 ± 15.61 b	203.92 ± 1.13 b	22.35 ± 0.96 a	25.19 ± 0.32 b	4.69 ± 0.34 a	15.25 ± 0.42 a	9.84 ± 0.35 b	3.30 ± 0.07 a

注：CK1：不摘除下部不适用叶，留叶数 22 片；CK2：摘除下部 4 片不适用叶，留叶数 18 片；T1：摘除下部 6 片不适用叶，留叶数 16 片；T2：摘除下部 6 片不适用+喷施微肥；同列数据小写字母不同表示处理间差异显著($P < 0.05$)，下同。

表 2 摘除不适用叶与喷施微肥对烤后烟叶等级结构和经济效益的影响

Table 2 Effects of removing inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer on grading structures and economic values of flue-cured tobacco

处理	上部烟叶单叶重(g)	产量(kg/hm ²)	均价(元/kg)	总产值(元/hm ²)	中上等烟比例(%)
CK1	11.34 ± 0.37 d	2 475 ± 30 a	23 ± 0.53 b	56 925 ± 200 a	80 ± 2.21 d
CK2	12.04 ± 0.16 c	2 350 ± 90 b	23 ± 0.75 b	54 050 ± 453 b	84 ± 1.35 c
T1	12.42 ± 0.20 b	2 050 ± 55 c	25 ± 0.55 a	51 250 ± 532 c	90 ± 1.04 b
T2	13.21 ± 0.53 a	2 200 ± 75 b	25 ± 0.88 a	55 000 ± 655 b	92 ± 1.21 a

高了 16.49%、9.52% 和 6.17%。不同处理间烤后烟叶产量也差异显著，表现为：CK1>CK2>T2>T1，相比 CK1，CK2、T1 和 T2 分别降低了 5.05%、15.15% 和 9.09%。不同处理的烤烟总产值之间差异性达显著水平，表现为：CK1>T2>CK2>T1，相比 CK1，CK2、T1 和 T2 处理分别降低了 5.05%、9.97% 和 3.38%，而 T2 与 CK2 之间无显著性差异，说明随着摘除下部不适用叶数量的增加，烤烟总产值逐渐下降，相比 CK2 处理，摘除下部 6 片叶的 T2 处理总产值并未降低且略有提高，相比 T1 处理，T2 处理对总产值有显著提升。不同处理间中上等烟比例表现为：T2>T1>CK2>CK1，相比 CK1，T2、T1 和 CK2 分别提高了 15.00%、12.5% 和 5.00%，说明减少下部叶的留叶数能显著提高中上等烟比例，摘除下部 6 片不适用叶条件下，喷施微肥可在保证中上等烟比例得到提升的同时，产量产值也能得到提高。

3 讨论

烤烟上部叶开片程度反映了烟叶组织细胞的发育状况，与烟株的留叶数和营养状况有直接关系^[20]。申彦斌等^[21]研究表明随着留叶数的增加，上部烟叶长、叶宽均逐渐减少，不利于开片。李伟等^[5]研究表明摘除下部叶片数量主要影响烤烟上部烟叶的开片度、叶片厚度、平衡含水率、叶质重。本研究也表明摘除下部 4~6 片不适用叶对烤烟上部叶开片具有显著的促进效应，这可能是由于田间摘除下部不适用叶后，一方面减少了下部不适用叶在田间的养分徒耗，另一方面改善了烟株生长发育条件，增强了上部叶片

的光合性能，调控了烟株碳氮代谢及营养资源分配，从而促进了上部叶开片。江厚龙等^[22]报道了摘除下部烟叶能提升烟株根系活力、增加叶绿素含量、提高净光合速率和蒸腾速率、延缓光合功能衰退，且这种作用随摘除叶片数量的增加而增强。本研究也进一步证明摘除下部 4~6 片不适用叶能够增加上部叶片叶绿素含量，增强上部叶片的光合性能，提高上部烟叶硝酸还原酶、淀粉酶、转化酶活性。本研究还表明摘除下部 6 片不适用叶联合叶面喷施微肥可进一步增强烤烟上部叶片的光合性能和碳氮代谢强度，二者联合对烤烟上部叶开片的促进效果最佳。这可能是由于一方面微量元素作为植物体内酶或辅酶的组成部分对于酶活性具有调控作用^[23]，另一方面叶面喷施微量元素改善了烟株上部叶生长的营养条件。韦建玉等^[24]研究也表明增加硼肥的供给使烟株叶片碳氮代谢增强，干物质积累增加。白羽祥等^[25]研究结果显示施用适量的锌肥能提高烤烟的长势、SPAD 值、光饱和点、暗呼吸速率、净光合速率等光和特征参数。

烟叶中总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯、钾及糖碱比、两糖比和钾氯比等衍生指标因其对烟叶品质的重要影响而成为烟草行业质量评价的常规指标^[26-27]。邓小华等^[28]研究表明，优化烟叶结构后，留叶数减少，分配到叶片的烟碱和总氮含量相对就会增加。本研究结果表明摘除下部 4~6 片不适用叶后，上部烟叶的总氮、烟碱和钾含量显著提高，总糖、还原糖和糖碱比显著降低。这与前人的结果是基本一致的，究其原因可能是烟叶中的烟碱主要由烤烟根部合成，钾主要由根部吸收，再由茎运输向叶片分配，摘除下部

不适用叶后,留叶数减少,分配到叶片的烟碱、钾和总氮含量相对就会增加^[29]。本研究还表明,相比于仅摘除下部 6 片不适用叶,摘除下部 6 片不适用叶联合叶面喷施微肥能够降低上部叶烟碱和总氮含量,提高上部烟叶的还原糖含量、钾含量、糖碱比与钾氯比,使烟叶内在化学成分趋于协调。陈雨峰等^[30]研究也表明增施硼、锰微肥能显著降低烟叶烟碱含量,增加烟叶钾含量,协调烟叶化学成分。崔国明等^[31]也报道了叶面喷施硼肥能在一定程度上满足烟株硼肥营养需求,协调烟株生理机能,使其生长旺盛,烟叶适时落黄,烟叶的内在化学成分协调。

烟叶生产中,等级结构和经济效益是企业 and 烟农最为关心的问题,对保障烟区优质烟叶原料的有效供给具有重要影响^[32]。邹凯等^[33]研究表明摘除下部叶片数是影响烤烟上等烟比例、均价、产量产值的主要因素,其次是摘除顶叶片数;田间摘除不适用鲜烟叶较对照提高了上等烟比例和均价,但降低了烟叶产量和产值,烟农收益略有减少。本研究结果也表明摘除下部 6 片不适用叶后烤烟的上部烟单叶重、均价及中上等烟比例均显著增加,烤后烟叶等级结构得到明显优化,但烤后烟叶产量产值有所降低,这与前人的研究基本一致。与仅摘除下部 6 片不适用叶处理相比,摘除下部 6 片不适用叶结合叶面喷施微肥不仅提高了上部烟叶的单叶重、中上等烟的比例,而且也增加了烤后烟叶的产量产值,一定程度上弥补了因田间优化等级结构而造成的经济损失。孙彦敏等^[13]研究也表明锰肥及锰、锌、硼肥配施可以增加烟叶产量、产值,提高中上等烟比例,单施锰肥及锰、锌、硼肥配施的产量分别比对照增加了 0.48% 和 17.46%,单施锰肥及锰锌硼配施都有利于优质烟叶生产。

4 结论

本研究表明,相比于不摘除下部不适用叶和摘除下部 4 片不适用叶,摘除下部 6 片不适用叶能够增强烤烟上部叶的光合性能和碳氮代谢,促进上部烟叶开片,提高烤后烟叶等级结构,但增加了烤后上部烟叶总氮和烟碱含量,减少了烤后烟叶的产量和产值。摘除下部 6 片不适用叶结合叶面喷施微肥不仅促进了烤烟上部叶的生长和开片,而且提高了烤后上部叶总糖、还原糖、糖碱比及钾含量,烤后烟叶化学成分更加协调,烤后烟叶的产量产值也得到提升,综合效益较好。因此,打顶时摘除下部 6 片不适用叶联合叶面喷施微肥可作为在豫西烟区提高烤烟上部叶可用性的有效措施。

参考文献:

- [1] 朱尊权. 提高上部烟叶可用性是促“卷烟上水平”的重要措施[J]. 烟草科技, 2010(6): 5-9, 31
- [2] 唐丽, 罗丽琼. 上部烟叶存在的问题及可用性分析[J]. 现代农业科技, 2016(2): 79-81
- [3] 李孝超, 肖佳冰, 于建军, 等. 提高烤烟上部叶应用价值技术探讨[J]. 湖南农业科学, 2015(12): 32-35
- [4] 李德仑, 李振华, 李明, 等. 采摘时间与采摘叶片数对烤烟不适用下部叶可用性的影响[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(12): 50-52
- [5] 李伟, 邹凯, 周清明, 等. 田间摘除不适用鲜烟叶数量和时期对上部烟叶物理性状的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(2): 142-146
- [6] 李冬, 周俊学, 刘领, 等. 摘除不适用烟叶数量与方式对烤烟生理特性及产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(5): 19-24
- [7] 吕大树. 烟田施用硼锌钼微肥效果研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013
- [8] 陈志华, 吴纯奎, 谢子发, 等. 氮肥与微肥匹配对白肋烟生长发育及产质量影响的研究[J]. 昆明学院学报, 2010, 32(6): 23-26
- [9] 张晨东. 微肥和有机肥对保山红土晒烟品质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 320-323
- [10] 黄学跃, 樊在斗, 柴家荣, 等. 有机肥与中微肥对晒烟品质的影响[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 10-13
- [11] 景延秋, 张豹林, 袁秀秀, 等. 喷施硼肥和磷肥对烟株酶活性的影响[J]. 湖南农业科学, 2015(1): 70-73
- [12] 赵佳佳, 任志广, 杨立均, 等. 钼肥与锌肥配施对烤烟上部叶内在品质的影响[J]. 现代农业科技, 2017(22): 1-3
- [13] 孙彦敏, 何元胜, 亚平, 等. 锰肥及锰、锌、硼肥配施对烤烟 K326 生长和产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(23): 7855-7856
- [14] 赵红朝, 张兆扬, 周童, 等. 减氮增密措施对烤烟上部叶提质增香的效果探究[J]. 湖南农业科学, 2017(11): 11-13, 16
- [15] 王小东, 许自成, 李群平, 等. 洛阳地区植烟土壤养分测定与综合评价[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2008, 29(4): 82-85, 119
- [16] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [17] 萧浪涛, 王三根. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [18] 闫克玉, 赵献章. 烟叶分级[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
- [19] 张林, 刘满强, 徐经年, 等. 镁氯硼元素互作及后效对烤烟生长的影响[J]. 土壤, 2013, 45(2): 1257-1263
- [20] 任志广, 陈征, 黄海棠, 等. 生态条件、栽培调制措施、烤烟工艺对烤烟上部叶可用性的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(6): 73-78
- [21] 申宴斌, 刘彦中, 马剑雄, 等. 不同留叶数对烤烟新品种 NC297 生长及产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 57-60, 64

- [22] 江厚龙, 许安定, 陈代明, 等. 不同鲜烟叶田间优化数量对烤烟生理特性及经济性性状的影响[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(5): 43–50
- [23] 仝淑慧. 土壤速效态微量元素测定值与植物吸收的相关性研究[D]. 太原: 山西师范大学, 2012
- [24] 韦建玉, 王军, 邹凯, 等. 硼对烤烟硼、钾积累及碳氮代谢的影响[J]. 广西农业生物科学, 2007, 26(4): 317–321
- [25] 白羽祥, 杨焕文, 徐照丽, 等. 不同锌肥水平对烤烟光合特性和产量及质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(2): 102–106
- [26] 蒋佳磊, 陆扬, 苏燕, 等. 我国主要烟叶产区烤烟化学成分特征与可用性评价[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(2): 13–27
- [27] 黄化刚, 班国军, 陈垚, 等. 多孔改良剂对毕节烟区土壤性状及烤烟产质量的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(6): 1427–1437
- [28] 邓小华, 肖志君, 于庆涛, 等. 田间摘除不适用鲜烟叶对烤烟化学成分影响的模糊分析[J]. 吉林农业大学学报, 2016, 38(4): 391–397
- [29] 周冀衡, 朱小平, 王彦亭, 等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996
- [30] 陈雨峰, 叶晓青, 周国荣, 等. 增施锰、硼微肥对烤烟农艺性状及产质量的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(14): 75–77
- [31] 崔国明, 黄必志, 柴家荣, 等. 硼对烤烟生理生化及产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2000, 21(3): 16–20
- [32] 张继旭, 高远, 窦玉青, 等. 烟叶等级结构优化关键技术措施的综合效应研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(19): 30–33
- [33] 邹凯, 张光利, 邓小华, 等. 田间摘除不适用鲜烟叶对烤烟经济性性状的效应分析[J]. 山地农业生物学报, 2015, 34(5): 50–55

Effects of Removing Inapplicable Leaves and Spraying Micronutrient Fertilizer on Physiological Characteristics of Upper Leaves, Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

LIU Ling¹, LI Dong¹, ZHOU Junxue², BAI Feng³, WANG Yanfang¹, SHEN Hongtao^{3*}

(1 College of Agricultural, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023, China; 2 Technology Center, Luoyang Branch of Henan Provincial Tobacco Corporation, Luoyang, Henan 471023, China; 3 Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Limited Company, Zhengzhou 450016, China)

Abstract: In order to optimize the grading structure, improve the industrial availability of upper tobacco leaves and economic benefit of flue-cured tobacco, a field experiment was conducted to investigate the effects of removing 6 inapplicable lower leaves and spraying micronutrient fertilizer on the agronomical character, chlorophyll content, photosynthetic characteristics, carbon and nitrogen metabolism, conventional chemical composition and economic traits of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* cv. 'Yuyan No.6'). The results showed that the treatment with removing 6 inapplicable lower leaves after topping significantly enhanced the leaf area, chlorophyll content, photosynthesis, carbon and nitrogen metabolism, and remarkably increased the total nitrogen and nicotine contents of upper tobacco leaves, decreased reducing sugar contents, the ratio of total sugar to nicotine and the output value of flue-cured tobacco when compared to the treatments without removing inapplicable lower leaves and removing 4 inapplicable lower leaves. Compared to only removing 6 inapplicable leaves, combination of removing 6 inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer further promoted the growth of upper leaf, significantly increased reducing sugar contents, the ratio of total sugar to nicotine, potassium content and the output value of flue-cured tobacco, and remarkably reduced the nicotine contents of upper leaves. Compared to the treatment without removing inapplicable lower leaves, combination of removing 6 inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer increased the leaf area, single leaf weight, potassium content, the ratio of potassium to chlorine, and the proportion of superior and middle grading leaves by 10.66%, 16.49%, 13.43%, 18.27% and 15.00%, respectively. In general, combination of removing 6 inapplicable leaves and spraying micronutrient fertilizer can promote the upper leaf unfolding, improve the grading structure and quality, and increase the economic benefits of flue-cured tobacco.

Key words: Inapplicable lower leaves; Micronutrient fertilizer; Flue-cured tobacco; Physiological characters; Grading structure; Yield and quality