

烤烟叶片身份和结构与化学成分的关系及其近红外模型研究

付秋娟¹, 杜咏梅¹, 常爱霞¹, 王恩中², 岳 山²

1 中国农科院烟草研究所, 青岛科苑经四路 11 号 266101;

2 山东淄博烟草有限公司, 淄博 200135

摘要: 通过相关分析和建立模型, 研究了烤烟叶片身份和结构指标与化学成分的关系及其近红外速测的可行性。结果表明: 烟草叶片身份和结构指标与单叶重以及烟草化学成分之间存在极密切的相关关系, 特别是叶片厚度和叶面密度与钾含量的相关性最高, 呈较好的幂指关系; 烟草叶片厚度、叶面密度以及叶片疏松度均存在能建立较好预测模型的可能性。利用全国主产区 441 个烟叶样品建立的叶面密度近红外速测模型的参数为: 决定系数(R^2)90.28%, 均方差(RMSECV)0.529, 说明可以用近红外对烤烟叶面密度进行较准确的速测。

关键词: 烤烟; 叶片结构; 化学成分; 近红外模型

doi:10.3969/j.issn.1004-5708.2009.06.008

中图分类号: TS42

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2009)06-0041-03

Correlation between physical characters and chemical compositions in flue-cured tobacco leaves and establishment of NIR calibration models

FU Qiu-juan¹, DU Yong-mei¹, CHANG Ai-xia¹, WANG En-zhong², YUE Shan²

1. Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China;

2. Zibo Tobacco Co. Ltd, Zibo Shandong 200135, China

Abstract: Correlation analysis and NIR calibration models were employed to study the relationship between flue-cured tobacco leaf characters such as body and structure and chemical compositions. Results showed that significant correlations exist between leaf body, structure and weight and chemical content, while highly significant correlation exist between leaf thickness, density and potassium content. NIR calibration models can be established between leaf thickness, density and looseness. 441 leaf samples were used to establish leaf density NIR calibration model, with R^2 and RMSECV reaching 90.28% and 0.529 respectively, indicating that fast and accurate determination of leaf density is feasible.

Key words: flue-cured tobacco; leaf structure; chemical composition; NIR calibration models

烤烟叶片的身份是指其厚度、密度和单位面积重量的综合状态, 叶片结构是指细胞发育状况和细胞排列间隙的大小, 二者是烟叶的着生部位、营养水平、发育状况和成熟度的综合反映, 是烟叶分级的重要外观质量因素, 也影响着烤烟的内在品质和工业加工性能^[1]。实际应用中, 叶片身份和结构的判别都是依靠眼看、手摸、文字描述, 不可避免地带来主观判断的误差, 并给定量研究二者与烟叶内在品质和工业可用性的关系带来了一定的难度。近几年来, 相关研究者^[2-3]开始将叶片结构和身份用测量手段量化, 研究其与烤烟其他外观性状、内在品质以及工业可用性的关系。但常规的测量方法相当烦琐, 不利于大批量分析。周

汉平等^[4]利用赋值的方法建立了叶片结构的近红外光谱模型, 但由于赋值方法还是建立在人为判断的基础上, 误差较大, 预测精度较低。本文量化测量了不同产地烤烟叶片身份和结构指标, 探讨了二者与其他外观质量和常规化学成分的关系, 并应用近红外分析技术对烟叶身份和结构的不同量化指标进行了近红外速测模型的研究, 目的是探讨烟叶外观质量的客观、量化评价方法。

1 材料与方法

1.1 材料

收集 2005 ~ 2006 年全国 14 个主产区(福建、云南、贵州、四川、重庆、湖南、河南、山东、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、江西、广西等)上、中、下 3 个部位的 3 个等级(X2F、C3F、B2F)烟叶样品(441 份)作为研究材料。

作者简介: 付秋娟, 女, 实验师, 主要从事烟草近红外分析检测及研究工作, E-mail: fuqiujuan@sina.com

收稿日期: 2008-09-22

1.2 方法

每一样品选取代表等级烟叶 6~12 片烟叶,测定长、宽、单叶重、叶片厚度、叶面密度,然后将样品去掉烟筋,在 55℃ 下烘干,研磨成粒度为 60 目的粉末,进行近红外光谱扫描。各主要指标测定方法如下:

1.2.1 叶片身份指标测定

厚度的测定:用自动厚度仪测量叶片中部的叶缘、叶中以及靠近主脉部位的厚度,以每个叶片各点的厚度平均值作为该样品的厚度(cm)。

叶面密度的测定:每片烟叶任取 1 个半叶,沿着半叶的叶尖、叶中及叶基部等距离取 5 个点,用圆形打孔器打 5 片直径为 1.5 cm 的圆形小片,将圆形小片放入铝盒中,在 100℃ 条件下烘 2 h,冷却 30 min 后称重(mg),根据下列公式计算叶面密度。

$$\text{叶面密度 (mg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{圆形小片烘后重量}}{5 \times \text{叶片数} \times \pi \times (1.5/2)^2} \times 1000$$

其中,5 是指每片叶的 5 个点(5 个圆片),“5 × 叶片数”是指总的圆片数(下同)。

1.2.2 叶片结构指标

叶片结构指标用疏松度表示。

$$\text{疏松度 (mg/cm}^3\text{)} = \frac{\text{圆形小片烘后重量}}{5 \times \text{叶片数} \times \text{厚度} \times \pi \times (1.5/2)^2} \times 1000$$

1.2.3 化学成分测定以及近红外速测模型的建立

1.2.3.1 仪器 VERCTOR 22/N 型傅立叶变换近红外光谱仪(德国 BRUKER 光谱仪器公司制造),使用积分

球漫反射检测器,镀金漫反射体作背景。

1.2.3.2 样品化学成分测定 取烟叶样品粉末 50 g 置石英测量杯中,加上压样器,放在旋转台内进行光谱扫描。扫描条件:分辨率:8 cm⁻¹,扫描次数:64 次,谱区范围:4000~8000 cm⁻¹(室温 24℃,相对湿度 60%)。用扫描的光谱测定常规化学成份烟碱、总糖、还原糖、总氮、钾、氯的含量。

1.2.3.3 数学模型的建立 试验采用 Bruker 公司 OPUS QUANT2 分析软件中偏最小二乘法(PLS),及内部交叉验证法选择叶片身份和结构各个指标最佳的光谱预处理方法、最佳谱区、最优的主成分维数,建立各指标的最佳数学模型。

2 结果与分析

2.1 烤烟叶片身份和结构指标之间的相关关系以及二者与长、宽、单叶重的相关关系

简单相关分析表明(表 1),烟草叶片身份和结构指标之间存在较为密切的相关关系,尤其是叶片厚度与叶面密度之间的关系极为显著,其相关系数达 r = 0.9073,这与前人的研究结果一致^[5-10]。

烟草叶片身份和结构指标均与单叶重呈极显著的正相关关系,单叶重过高的叶片一般较厚、叶面密度较大,结构较紧密,生产中,单叶重过低或过高,对烟叶品质均不利。烟草叶片身份和结构指标与叶片关系不显著,叶片厚度与宽度呈极显著的负相关关系,过窄的叶片一般较厚。

表 1 物理定量测定指标之间的简单相关关系

相关系数	外观量度指标			叶片身份指标		叶片结构指标
	长	宽	单叶重	厚度	叶面密度	疏松度
外观量度指标	长	1.0000				
	宽	0.2743 *	1.0000			
	单叶重	0.5105 **	0.2838 *	1.0000		
身份指标	厚度	-0.0440	-0.3609 **	0.6550 **	1.0000	
	叶面密度	-0.0269	-0.2086	0.7344 **	0.9073 **	1.0000
结构指标	疏松度	0.1013	0.1386	0.5706 **	0.3353 *	0.6882 **

注:R_{0.05(56)} = 0.262 ; R_{0.01(56)} = 0.340

2.2 烤烟叶片身份和结构与常规化学成分之间的相关关系

由表 2 看出,烟草叶片身份和结构指标与烟草化学成分之间存在密切的相关关系,尤其与糖和钾含量之间的关系较为密切,与钾含量之间的关系最为密切,烟草叶片厚度、叶面密度、疏松度与钾含量均存在极显

著的相关关系。由图 1 看出,烟叶钾含量与叶面密度呈较好的幂指关系。因此,烟叶钾含量可能是影响烟草叶片身份和结构的主要因素。

2.3 烤烟叶片身份和结构近红外速测数学模型的建立

2.3.1 叶片身份和结构近红外速测模型的初建结果

用云南、福建、山东、湖南、黑龙江不同部位、不同等级的烟叶样品 55 份作为研究材料,进行了叶片身份和结构指标近红外速测模型的初建研究,各指标初建模型各项参数见表 3。由表 3 看出,各项指标初建模型的 R^2 均远高于目前资料报道^[4]的数据,叶片厚度、叶面密度以及疏松度模型的决定系数看,如果能进一步增加建模样品容量,3 项指标均可能建成较好的预测模型。

表 2 叶片结构和厚度与常规化学成分之间的简单相关关系

相关系数	叶片身份指标		叶片结构指标
	厚度	叶面密度	疏松度
烟碱	0.3593**	0.2909*	0.1040
总糖	0.3225*	0.4028**	0.4088**
还原糖	0.3285*	0.4223**	0.4438**
总氮	0.1601	0.1159	-0.0012
钾	-0.8151**	-0.8426**	-0.5176**
氯	0.3744**	0.2976*	0.0584
糖碱比	-0.0805	-0.0129	0.0453
氮碱比	-0.3088*	-0.2833*	-0.2150

注: $R_{0.05(55)} = 0.262$; $R_{0.01(55)} = 0.340$

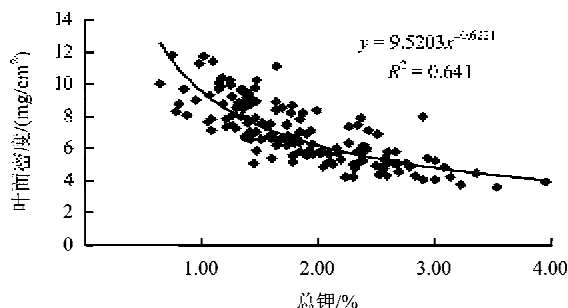


图 1 烟叶钾含量与叶面密度的相关关系图

表 3 叶片结构和厚度定量测定结果
近红外速测模型的参数

项目	厚度	叶面密度	疏松度
谱区范围/ cm^{-1}	7502 ~ 4597.6	8095.9 ~ 3876.3	8153.8 ~ 3860.9
光谱预 处理方法	不处理	二阶导数法	一阶导 + 多元 散射校正法
最佳主成分数	16	4	8
决定系数(R^2)	85.24	84.12	66.04
RMSECV	0.0103	0.753	39.3

2.3.2 烤烟叶面密度近红外速测模型的进一步建立

由于烟叶厚度的测定较为烦琐,且厚度与叶面密度之间存在极显著的正相关关系,我们选择了烟草叶面密度进一步对模型样品量进行扩充,总样品量达到

441 个,研究建立较好速测模型的可能性。结果表明:通过模型的进一步计算优化,得到了更高的决定系数(R^2)90.28%和较低的效验均方差(RMSECV)0.529(图 2)。同时对模型进行了外部验证(图 3),其决定系数(R^2)为 85.16%,预测均方差(RMSEP)为 0.652。说明模型具有较好的预测效果。

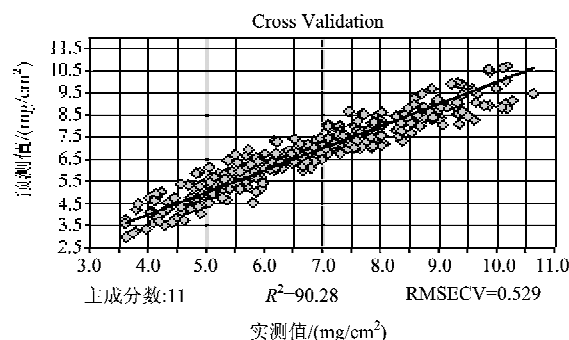


图 2 单位面积的重量近红外预测值与实测值散点图比较

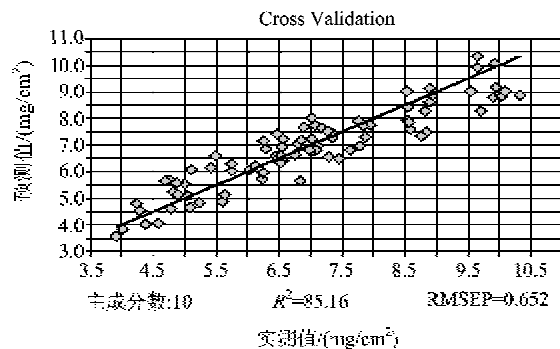


图 3 外部验证单位面积的重量预测值与实测值的相关性

3 讨论

3.1 烟草叶片身份和结构指标与烟叶单叶重以及化学成分之间存在密切的相关关系,是烟草营养和发育状况的重要反映,也是重要的品质因素。

3.2 烟叶钾含量与叶片厚度和叶面密度相关性最高,钾含量较高的烟叶,叶片结构疏松,烟叶钾含量可能是影响烟草叶片厚度和密度的重要因素。生产中,合理增施钾肥,尤其是保证后期钾的供应,在提高上部叶片结构疏松度,降低叶片的厚度方面,可能有重要作用。

3.3 近红外速测模型的建立结果表明,应用近红外光谱能够较准确地预测烟草叶片身份和结构指标,利用近红外模型可以减少人为判断烟草叶片身份和结构的误差,并提高检测速度。但是,要真正在实际工作中应用近红外光谱分析技术客观、定量地判断烟叶外观质量,还需要大量的研究和实际验证。

[下转第 48 页]

3 小结

漂浮育苗属于无土栽培范畴,是一种新的烟草育苗方法。漂浮育苗系统中所采用的基质是育苗的关键^[21],通常以富含有机质材料,如泥炭、草炭、碳化或腐熟的植物残体,再配以适当比例的轻质材料,如蛭石、膨化珍珠岩、炉渣等。本试验的稻草灰来源较为广泛,这就为稻草灰的资源化利用寻找了新的出路,将它作为育苗基质,使之不仅培育出更优良的幼苗,而且不会对环境带来新的压力,变废为宝,起到了固体废弃物的循环再利用,从而收到了多重功效。当然,漂浮育苗基质材料的选择,应充分利用当地的自然资源条件,如泥炭、草炭、碳化的谷壳、麦糠、锯末或腐熟的麦秸、玉米秆、花生壳、甘蔗渣等,这还有待进一步研究。

良好的肥料配比是保证烟苗均匀一致、根系发达、移栽大田后还苗快和烟株生长健壮的关键。本试验得出的烟草育苗氮磷钾的最佳需求比例 $N:P_2O_5:K_2O = 1:0.35:0.75(m/m)$,只是针对烤烟 K326,至于其它品种对营养需求还需进一步的探讨。

参考文献

- [1] 王树声,董建新,刘新民,等.烟草集约化育苗技术发展概况[J].烟草科技,2003(5):43-45.
- [2] 许家来.烟草温室营养液无土育苗技术的试验研究[J].中国烟草学报,1995,2(3):30-36.
- [3] 姜超英,潘文杰.烤烟漂浮育苗技术应用效果初探[J].耕作与栽培,2001(2):34-36.
- [4] 马聪.漂浮育苗对烤烟生长发育及产质的影响[J].河南农业科学,2003(2):9-10.
- [5] 史宏志,王佳.美国烟草漂浮育苗技术(一)[J].作物研究,1999(4):35-36.
- [6] 刘国顺,习向银,时向东,等.烤烟漂浮育苗中烟草的基本生长规律[J].华北农学报,2003,18(3):36-40.
- [7] 时向东,刘国顺,陈江华,等.烟草漂浮育苗系统中培养

基质对烟苗生长发育影响的研究[J].中国烟草学报,2001,7(1):18-22.

- [8] 马京民,姚延宾,魏新,等.烤烟漂浮育苗不同基质配比对烟苗质量的影响[J].河南农业科学,2003(8):17-20.
- [9] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [10] 邓海滨,邱妙文,陈永明,等.烟草漂浮育苗基质对烟苗生长的影响[J].仲恺农业技术学院学报,2006,19(1):18-20.
- [11] 岑怡红,聂荣邦.烟草漂浮育苗培养基质及营养液对烟苗生长发育的影响[J].河南科技大学学报(农学版),2003,23(4):38-40.
- [12] 吴涛,晋艳,杨宇虹,等.烤烟漂浮育苗基质理化性状与出苗率的相关性[J].烟草科技,2007(8):43-51.
- [13] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [14] 山东农学院,西北农学院.植物生理学实验指导[M].山东:山东科学技术出版社,1980:196-200.
- [15] Sun Gu-Chou, Zhao Ping, Zeng Xiao-Ping, et al. Influence of elevated atmospheric CO₂ concentration on photosynthesis and leaf nitrogen partition in process of photosynthetic carbon cycle in *Musa paradisiacal*[J]. Chin J Appl Ecol, 2001, 12(3):429-434.
- [16] Bradford K J, Tsiao T C. Physiological response to moderate water stress[M]// Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, Vol. 12B. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, 1982:263-324.
- [17] 刘丹,朴世领,郑仙霞,等.干旱胁迫下氮对烤烟生长及生理特性的影响[J].吉林农业科学,2008,33(2):29-31.
- [18] 邹铁祥,戴廷波,姜东,等.氮、钾水平对小麦花后旗叶光合特性的影响[J].作物学报,2007,33(10):1667-1673.
- [19] 陆景陵.植物营养学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [20] 赵峰,龚苏,段承俐,等.氮、磷、钾对灯盏花生长发育及光合色素含量的影响[J].云南农业大学学报,2005,20(5):677-679.
- [21] Bob P, Bill M. Careful management needed with float plant-Avoid common mistakes [J]. Burley Tobaccos Production Guide, 1998, (2): 32-33.

[上接第43页]

参考文献

- [1] 苏德成.中国烟草栽培学[M].上海:海科学技术出版社,2005:551-554.
- [2] 刘国顺,杨永锋,凌爱芬.应用主成分分析和聚类分析评价烤烟叶位间质量差异[C]//中国烟草学会2006年学术年会论文集.北京:中国烟草学会,2007:79-81.
- [3] 龙明锦,厉福强,蒋玉梅.烟叶不同田间成熟度外观评价指标研究[J].贵州农业科学,2007,35(6):35-37.
- [4] 周汉平,王信民,宋纪真,等.烟叶结构和油分的近红外光谱预测[J].烟草科技,2006(1):10-14.

- [5] 王玉军,谢胜利,邢淑华,等.烤烟叶片厚度与主要化学成分相关性研究[J].中国烟草科学,1997(1):11-14.
- [6] 于川芳,李晓红,罗登山,等.玉溪烤烟外观质量因素与其主要化学成分之间的关系[J].烟草科技,2005(1):5-7.
- [7] 闰克玉,王海燕,李兴波,等.烤烟国家标准(40级)河南烟叶叶片厚度、叶质重及叶片密度研究[J].郑州轻工业学院学报(自然科学版),1999,14(2):45-50.
- [8] 闰克玉,王建民,屈剑波,等.河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J].烟草科技,2001(10):5-9.
- [9] 高致明,刘国顺.烤烟叶片结构与叶长度关系的研究[J].烟草科技,1991(6):32-36.
- [10] 孙建锋,官长荣,许自成.河南烤烟主产区烟叶物理性状的分析评价[J].河南农业科学,2005(12):17-21.