

基于偏最小二乘回归的挂灰程度和柔软性对烟叶质量的影响分析

陈天才¹, 耿红梅¹, 王振国¹, 胡建斌², 杨昌全³, 陈伦飞¹, 代先强³, 李承荣², 窦玉青^{4*}

(1. 中国烟草总公司重庆市公司奉节分公司, 重庆 404600; 2. 广西中烟工业有限责任公司, 广西南宁 530001; 3. 中国烟草总公司重庆市公司烟叶分公司, 重庆 400000; 4. 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101)

摘要 烟叶挂灰是烤烟烘烤过程中的一种普遍现象。为了探明烟叶挂灰程度和柔软性对 K326 品种烟叶质量的具体影响, 在重庆奉节烟区开展了进一步研究。按照不同挂灰面积、颜色深浅、不同柔软性采集 3 个不同水平的烟叶样品, 鉴定其外观质量, 测定其常规化学成分并感官评吸卷烟小样, 结果表明, 柔软性与叶片结构、油分、身份、还原糖含量等极显著正相关, 相关系数分别为 0.90、0.89、0.82、0.72; 挂灰面积与烟叶颜色、氮碱比、色度等极显著负相关, 与烟碱和氯离子含量极显著正相关, 相关系数分别为 -0.76、-0.64、-0.50、0.60、0.55。以烟叶质量各指标为因变量, 以柔软性、挂灰面积、挂灰深浅为自变量, 建立偏最小二乘回归方程, 可以较准确地估算柔软性和挂灰程度对烟叶质量的具体影响, 对因变量信息总变异的解释比例最高可达 86.81% (叶片结构)。探明了柔软性、挂灰面积、挂灰深浅对烟叶质量各指标影响的相对重要性, 柔软性、挂灰面积、挂灰深浅对烟叶外观质量影响的相对重要性分别为 1.45、0.84、0.45。偏最小二乘回归能很好地用来建立烟叶质量估算模型, 烟叶挂灰程度和柔软性对烟叶质量有显著影响。

关键词 挂灰; 柔软性; 烟叶质量; 偏最小二乘回归

中图分类号 TS44

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)06-0177-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.043

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The Effects of Smudged Degree and Leaf Softness on Tobacco Leaf Quality Based on Partial Least Squares

CHEN Tian-cai, GENG Hong-mei, WANG Zhen-guo et al (Fengjie Tobacco Company of Chongqing City, Chongqing 404600)

Abstract Tobacco leaf smudging is very common during the process of flue-curing. A further study was conducted in Fengjie County, Chongqing City to identify the specific influence of the smudged degree and leaf softness on the quality of tobacco leaves. Smudged degree mainly included the spot area and color shade. The smudged area, color shade, and the softness all had 3 levels. The leaf samples were randomly collected in Fengjie County. The results showed that the softness was significantly positively correlated with leaf structure, oil content, figure, and reducing sugar content, with correlation coefficient of 0.90, 0.89, 0.82, and 0.72, respectively. The smudged area was significantly and negatively correlated with the leaf color, nitrogen-nicotine ratio, and chromaticity, and significantly and positively correlated with the nicotine and chloride contents, with correlation coefficient of -0.76, -0.64, -0.50, 0.60 and 0.55, respectively. Some partial least squares regression equations were established by using the leaf quality indicators as the dependent variables, and the softness, leaf smudged area and the grey degree as the predicting variables, which could estimate the specific influence of softness and smudged degree on the leaf quality. The models could explain as high as 86.81% of the total variation of leaf quality indicator. The variable important for projection (VIP) was also explored in this study, and we found that VIP of softness, smudged area, and grey degree on leaf quality was 1.45, 0.84 and 0.45, respectively. In conclusion, partial least squares regression can be well used to establish a tobacco leaf quality estimation model, and the leaf softness and smudged degree have significant influence on tobacco leaf quality.

Key words Smudge; Softness; Leaf quality; Partial least square regression

在烤烟烘烤过程中, 烟叶正面由于气孔较少, 蜡质层较厚, 水分排出易受阻碍, 常常会产生一层黑褐色的细微小斑点, 如同蒙上一层灰一样, 导致挂灰^[1-2]。烟叶烘烤结束后, 灰斑仍然留存。在烟叶烘烤实践中, 挂灰现象极为普遍, 尤其是上部叶片。烟叶本身成熟过度, 烘烤过程中变黄过度, 升、降温过猛, 编烟装烟过密, 烤房排湿不力等均会引起挂灰^[3-7]。挂灰对烟叶质量影响较大, K、烟碱、有机酸、生物碱等含量均有明显下降, 导致烟叶的可用性降低^[8]。烤后烟叶挂灰对烟叶外观质量也有较大影响, 一般属于下低等烟或级外烟, 价格极低或根本不予收购, 烟农的收益会严重受损^[9]。挂灰对烟叶质量的影响, 虽然有大量观察和认识, 但缺乏科学性、系统性和完整性结论, 有必要进行深入调查研究。基于广西中烟对重庆奉节基地的烟叶质量评价反馈部分非正常条件下产生的 K326 非基本色烟叶仍有较大的使用价值, 深入研究挂灰烟叶工业可用性, 建立内部标准指导烤烟

K326 品种收购、分选具有重大意义。

挂灰可能会影响烟叶质量的多个指标值, 包括外观、化学成分、感官质量等指标, 而每类指标又含有多个指标, 因此, 此类研究自变量和因变量均为多元, 无法用传统的统计方法进行分析 and 建模。近年来发展迅速的偏最小二乘回归 (partial least squares, PLS) 能很好地被应用于探索此类数据的分析和建模^[10-15]。PLS 最初由经济计量学家 Herman Wold 于 20 世纪 70 年代提出, 后被许多统计学家称为“第二代多元统计分析方法”。PLS 综合了线性回归、主成分分析及典型相关分析的优点, 其用途比主成分回归更为广泛, 是多因变量对多自变量回归建模的强有力的工具^[12-13]。PLS 能够在自变量存在严重相关的条件下建模, 可用于解决多重共线性问题, 尤其适用于样本含量较小的情形, 甚至可用于样本含量小于自变量数的特殊情况 (传统线性回归方法一般要求样本含量是自变量个数的 5~10 倍)^[11, 14]。因此, 该研究在重庆奉节烟区, 按照挂灰程度收集烤后烟叶上部叶烟叶样品, 获得烟叶质量数据, 采用偏最小二乘回归法, 进一步探索挂灰程度对烟叶质量的具体影响, 为提高烟叶的工业可用性提供理论依据。

基金项目 重庆市烟草公司重点项目 (A20211NY1307, B20211NY1309)。

作者简介 陈天才 (1988—), 男, 四川盐源人, 农艺师, 硕士, 从事烟草栽培和管理方面的研究。* 通信作者, 研究员, 博士, 从事烟草栽培和烟叶质量分析研究。

收稿日期 2022-04-01

1 材料与方法

1.1 试验设计 以重庆奉节 K326 品种为试验对象,从叶片柔软性和挂灰程度 2 个因素考虑,挂灰程度又包括斑块面积和颜色深浅 2 个维度。柔软性分柔软、较柔软、僵硬 3 个档次;挂灰面积设 30%、50%、70% 3 个档次;挂灰颜色深浅分浅灰色、灰色、深灰色 3 个档次,构成 27 个处理组合。

1.2 烟叶样品获取和检测 2021 年 9 月至 10 月在烤烟收购结束后,按照 27 个处理组合,每个取 2 个样品(重复),共 54 个,每个样品 3 kg。预处理后进行外观鉴定、常规化学成分检测和感官评吸评价。外观鉴定由重庆市烟草公司组织相关专家按照国标(GB 2635—92)进行鉴定打分;感官质量由重庆市烟草公司组织评吸专家按烟草行业相关标准(YC/T 138—1998)进行;采用近红外光谱(NIR)定量分析技术对烟叶样品的常规化学成分进行分析。

1.3 统计分析 采用 SAS 9.4 软件 CORR 程序进行相关性分析,PLS(partial least squares)程序进行偏最小二乘回归分析和建模。交叉确认采用 Split 法。

2 结果与分析

2.1 烟叶质量与挂灰程度、柔软性的相关性 相关分析结果表明(表 1),烟叶质量与柔软性、挂灰面积、挂灰深浅有密切的相关性。外观质量中,成熟度、叶片结构、身份、油分、色度、外观质量总分与柔软性的相关性极显著($P < 0.01$)。与柔软性相关性最强的外观质量指标是叶片结构和油分,其次是身份和成熟度。外观质量与挂灰面积的相关性比与柔软性弱,其中颜色和色度与挂灰面积的相关性极显著($P < 0.01$),成熟度和外观质量总分与挂灰面积相关性显著($P < 0.05$)。外观质量与挂灰深浅基本上无相关性, r^2 最高的仅 0.34,且不显著。

化学成分中,总糖、还原糖含量与柔软性的相关性极显著($P < 0.01$),两糖比、糖碱比与柔软性的相关性显著($P < 0.05$)。与柔软性相关性最强的化学成分指标是还原糖含量,其次是总糖。与柔软性相比,化学成分中有更多的指标与挂灰面积具有显著或极显著相关性,其中烟碱、氯、钾含量,糖碱比,氮碱比与挂灰面积的相关性极显著($P < 0.01$),氮碱比、烟碱的相关系数数值较高。化学成分与挂灰深浅有一定相关性,其中钾含量为极显著相关($P < 0.01$);与烟碱含量、两糖比、糖碱比显著相关($P < 0.05$)。

感官质量中,柔细度、甜度与柔软性的相关性极显著($P < 0.01$),香气量、感官质量总分与柔软性的相关性显著($P < 0.05$)。与柔软性相关性较强的感官质量指标是柔细度、甜度,其次是香气量。感官质量与挂灰面积有一定的相关性,其中余味与挂灰面积的相关性极显著($P < 0.01$),与香气量、甜度相关性显著($P < 0.05$)。感官质量与挂灰深浅的相关性较弱,杂气、透发性、劲头与挂灰深浅显著相关($P < 0.05$)。

2.2 烟叶质量指标预测模型的建立 以柔软性(X_1)、挂灰面积(X_2)、挂灰深浅(X_3)为预测变量(自变量),以外观质量、化学成分、感官质量各指标为被预测变量(因变量 Y),采用 PLS 法建立回归方程,各参数估计见表 2。例如,叶片结构

分的预测方程为:

$$Y = 3.322 2 + 0.811 1X_1 - 0.008 9X_2 + 0.122 2X_3$$

构建回归方程时,可以把所有的外观质量指标,包括颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度、外观总分共 7 个因变量作为一组因变量,与自变量(柔软性、挂灰面积、挂灰深浅)一起建立模型,结果与单独建立模型完全相同,这是偏最小二乘回归法的优势。

表 1 烟叶质量指标与挂灰程度的 Pearson 相关系数 (r^2)

Table 1 Pearson correlation coefficient (r^2) between tobacco leaf quality indices and smudged degree

类别 Category	指标 Index	柔软性 Softness	挂灰面积 Ash hanging area	挂灰深浅 Hanging gray depth
外观质量 Appearance quality	颜色	0.18	-0.76**	0.30
	成熟度	0.66**	-0.38*	0.19
	叶片结构	0.90**	-0.20	0.14
	身份	0.82**	-0.14	0.34
	油分	0.89**	-0.09	-0.04
	色度	0.58**	-0.50**	0.18
	外观质量总分	0.75**	-0.41*	0.21
化学成分 Chemical composition	总糖	0.51**	-0.26	0.36
	还原糖	0.72**	-0.25	0.22
	烟碱	-0.15	0.60**	-0.44*
	氯	0.17	0.55**	0.11
	钾	0.03	0.47**	-0.48**
	总氮	-0.25	-0.01	-0.31
	两糖比	0.45*	0.06	-0.38*
	糖碱比	0.45*	-0.50**	0.39*
	氮碱比	-0.11	-0.64**	0.15
	钾氯比	-0.15	-0.26	-0.34
感官质量 Sensory quality	香气质	0.28	-0.32	0.26
	香气量	0.46*	-0.45*	0.24
	杂气	0.12	-0.21	0.43*
	刺激性	0.36	-0.21	0.28
	透发性	0.37	-0.12	0.42*
	柔细度	0.55**	-0.21	0.12
	甜度	0.55**	-0.36*	0.21
	余味	0.30	-0.40**	0.30
	浓度	0.26	-0.08	0.12
	劲头	0.06	0.12	-0.39*
	感官质量总分	0.43*	-0.32	0.27

注: * 表示显著相关($P < 0.05$); ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。

Note: * indicates significant correlation ($P < 0.05$); ** indicates a very significant correlation ($P < 0.01$).

虽然采用 PLS 法对所有烟叶质量指标建立了预测模型,但在使用该模型时,需要考虑模型的预测精度,其主要由因变量所得主成分变异信息占总变异信息的百分比(表 3)。当因变量为一组变量时(如外观质量含颜色等 7 个因变量),可以构建多个主成分对,分别计算各主成分的贡献率,在外观质量组中,因变量第 1、2、3 的主成分分别解释了总变异的 61.70%、10.84%、1.10%(表 3),理论上,从因变量的角度来看,仅仅需要考虑第 1、2 主成分;但该研究发现,自变量主成分 1、2、3 的贡献率分别为 33.33%、33.33%、33.33%,累计 100%,因此,对所有模型,取前 3 对主成分。同时,以单个变

量为因变量,也尝试进行了偏最小二乘回归分析和建模,此 贡献率均为 0(表 3)。
 时因变量主成分为 1 组,即因变量本身,所以 2、3 主成分的

表 2 烟叶质量各指标偏最小二乘回归方程参数估计
 Table 2 Partial least squares regression for each index of tobacco quality

类别 Category	指标 Index(Y)	截距 Intercept	柔软性 Softness(X_1)	挂灰面积 Ash hanging area(X_2)	挂灰深浅 Hanging gray depth(X_3)	
外观质量 Appearance quality	颜色	5.950 0	0.066 7	-0.013 9	0.111 1	
	成熟度	6.396 3	0.455 6	-0.013 3	0.133 3	
	叶片结构	3.322 2	0.811 1	-0.008 9	0.122 2	
	身份	4.288 0	0.422 2	-0.003 6	0.177 8	
	油分	4.845 4	0.605 6	-0.003 1	-0.027 8	
	色度	5.703 7	0.305 6	-0.013 3	0.094 4	
化学成分 Chemical composition	外观质量总分	5.337 8	0.391 2	-0.010 6	0.111 1	
	总糖	28.135 2	1.602 0	-0.040 2	1.140 5	
	还原糖	24.748 6	1.962 8	-0.033 6	0.602 8	
	烟碱	3.523 0	-0.063 9	0.012 9	-0.190 4	
	氯	0.190 9	0.009 6	0.001 6	0.006 3	
	钾	1.367 0	0.004 9	0.003 7	-0.075 9	
	总氮	2.247 5	-0.057 1	-0.000 1	-0.071 3	
	两糖比	0.882 9	0.016 1	0.000 1	-0.013 9	
	糖碱比	7.199 1	0.617 4	-0.034 1	0.533 8	
	氮碱比	0.634 7	-0.006 7	-0.001 9	0.009 0	
	钾氯比	6.478 7	-0.151 8	-0.013 4	-0.353 4	
	感官质量 Sensory quality	香气质	5.720 2	0.084 4	-0.004 8	0.077 8
		香气量	5.790 7	0.125 6	-0.006 1	0.065 6
		杂气	5.563 3	0.030 0	-0.002 6	0.105 6
刺激性		5.608 5	0.071 1	-0.002 1	0.056 7	
透发性		5.529 8	0.051 1	-0.000 8	0.057 8	
柔细度		5.494 1	0.164 4	-0.003 1	0.035 6	
甜度		5.413 7	0.146 7	-0.004 8	0.056 7	
余味		5.599 1	0.077 8	-0.005 2	0.076 7	
浓度		5.915 7	0.024 4	-0.000 4	0.011 1	
劲头		5.940 9	0.007 8	0.000 7	-0.047 8	
	感官质量总分	56.576 1	0.783 3	-0.029 2	0.495 6	

从表 3 的累计贡献率可以看出,外观质量所有指标预测模型很好,因变量的累计贡献率最高的是叶片结构,模型涵盖了 86.81% 的变异,仅有 13.19% 的变异不能被模型预测。其次是油分(81.02%)、身份(80.68%)和颜色(70.27%)得分。外观质量总体累计贡献率为 73.64%。据此判断,表 2 中的叶片结构、油分、身份和颜色得分预测模型预测效果良好。化学成分有指标预测模型预测效果不及外观质量指标,总体累

计贡献率为 41.94%,远低于 60% 的可接受阈值。因变量的累计贡献率最高的是还原糖含量,模型涵盖了 62.90% 的变异,其次是糖碱比(60.25%)。其余指标累计贡献率低于 60.00%,表 2 中所列相关模型只能是仅供参考。感官质量所有指标累计贡献率均低于 50%,因此,表 2 中所列模型感官质量预测模型参考意义不大。

表 3 PLS 所得主成分变异信息占总变异信息的比例
 Table 3 Proportion of principal component variation information obtained from PLS to total variation information 单位:%

类别 Category	指标 Index	因变量主成分 Principal component of dependent variable			累计贡献率 Cumulative contribution rate
		1	2	3	
外观质量 Appearance quality		61.70	10.84	1.10	73.64
	颜色	70.27	0	0	70.27
	成熟度	61.62	0	0	61.62
	叶片结构	86.81	0	0	86.81
	身份	80.68	0	0	80.68
	油分	81.02	0	0	81.02
	色度	61.40	0	0	61.40
	外观质量总分	78.18	0	0	78.18
化学成分 Chemical composition		25.86	10.99	5.09	41.94
	总糖	46.09	0	0	46.09
	还原糖	62.90	0	0	62.90

接下表

续表 3

类别 Category	指标 Index	因变量主成分 Principal component of dependent variable			累计贡献率 Cumulative contribution rate
		1	2	3	
	烟碱	57.37	0	0	57.37
	氯	33.81	0	0	33.81
	钾	44.57	0	0	44.57
	总氮	15.43	0	0	15.43
	两糖比	34.90	0	0	34.90
	糖碱比	60.25	0	0	60.25
	氮碱比	43.96	0	0	43.96
	钾氯比	20.21	0	0	20.21
感官质量 Sensory quality		25.80	3.06	0.84	29.70
	香气质	24.60	0	0	24.60
	香气量	46.46	0	0	46.46
	杂气	23.77	0	0	23.77
	刺激性	25.33	0	0	25.33
	透发性	32.30	0	0	32.30
	柔细度	36.42	0	0	36.42
	甜度	47.31	0	0	47.31
	余味	34.57	0	0	34.57
	浓度	8.92	0	0	8.92
	劲头	17.36	0	0	17.36
	感官质量总分	35.92	0	0	35.92

注:因变量主成分 1、2、3 的解释贡献率均为 33.33%,前 3 个主成分构成 100% 贡献率。

Note: The explanatory contribution rate of dependent variable principal components 1, 2 and 3 is 33.33%, and the first three principal components constitute 100% contribution rate.

2.3 柔软性和挂灰程度对烟叶质量指标影响的重要性分析

表 4 为自变量对因变量影响的相对重要性,值越大,影响程度越大。对外观质量来说,柔软性影响最大,其次是挂灰面积,挂灰深浅对烟叶外观质量影响最小。柔软性对外观质量指标的油分影响最大,其次是叶片结构、身份、外观质量总分、成熟度,对烟叶颜色影响最小。挂灰面积对外观质量指标的颜色得分影响最大,其次是色度、成熟度和外观质量总分,对叶片结构、身份、油分得分影响很小。挂灰深浅对外观质量指标的影响都不大,相对来说,身份、颜色有一定影响,对其余指标影响极小。

对化学成分来说,柔软性、挂灰面积、挂灰深浅对其影响程度比较接近,相对来说,挂灰面积影响稍大。柔软性对化学成分指标的还原糖含量影响最大,其次是总糖、两糖比、总氮、糖碱比,柔软性对烟叶钾氯比、烟碱、氯、氮碱比、钾的影响很小。挂灰面积对化学成分指标的氮碱比、氯含量影响较大,其次是烟碱、钾、糖碱比、钾氯比,对总糖和还原糖有一定影响,对两糖比和总氮基本无影响。挂灰深浅对化学成分指标的总氮、钾氯比、钾、两糖比影响较大,其次是烟碱、总糖、糖碱比,对还原糖、氮碱比、氯的影响很小。

对感官质量来说,柔软性影响最大,其次是挂灰深浅,挂灰面积对烟叶感官质量影响最小。柔软性对感官质量指标的柔细度、浓度影响较大,其次是甜度、感官质量总分、刺激性、香气量、透发性、香气质、余味,对杂气、劲头影响较小。挂灰面积对感官质量指标的余味、香气量、香气质影响较大,其次是感官质量总分、甜度、杂气、刺激性,对柔细度、劲头、浓度、透发性影响较小。挂灰深浅对感官质量指标的劲头、杂气、透发性影响较大,其次是刺激性、香气质、余味、感官质量总分,对浓度、香气量、甜度、柔细度等的影响较小。

表 4 自变量对因变量的相对重要性

Table 4 Relative importance of independent variables to dependent variables

类别 Category	指标 Index	柔软性 Softness	挂灰面积 Ash hanging area	挂灰深浅 Hanging gray depth
外观质量 Appearance quality		1.45	0.84	0.45
	颜色	0.38	1.57	0.63
	成熟度	1.45	0.85	0.42
	叶片结构	1.67	0.37	0.25
	身份	1.58	0.27	0.66
	油分	1.72	0.17	0.08
	色度	1.27	1.11	0.39
	外观质量总分	1.48	0.80	0.42
化学成分 Chemical composition		0.97	1.11	0.90
	总糖	1.31	0.66	0.93
	还原糖	1.57	0.54	0.48
	烟碱	0.34	1.37	1.01
	氯	0.50	1.63	0.33
	钾	0.08	1.21	1.24
	总氮	1.08	0.02	1.35
	两糖比	1.31	0.17	1.12
	糖碱比	1.01	1.11	0.87
	氮碱比	0.29	1.66	0.40
	钾氯比	0.56	0.99	1.30
感官质量 Sensory quality		1.16	0.87	0.94
	香气质	0.97	1.12	0.90
	香气量	1.16	1.13	0.61
	杂气	0.43	0.73	1.51
	刺激性	1.23	0.73	0.98
	透发性	1.12	0.37	1.27
	柔细度	1.59	0.60	0.34
	甜度	1.38	0.90	0.53
	余味	0.90	1.19	0.88
	浓度	1.51	0.48	0.69
	劲头	0.27	0.50	1.64
	感官质量总分	1.24	0.92	0.78

3 讨论

肖振杰等^[16]研究发现,中部烤坏烟的烟碱、总氮和蛋白质含量平均值分别比正常烘烤的 C3F 高 31.4%、40.6% 和 28.6%,上部叶分别比正常烘烤的 B2F 高 24.5%、36.4% 和 21.2%。该研究表明,挂灰面积与烟碱含量极显著正相关,与肖振杰等^[16]的研究结论一致。一般情况下,上部烟叶烟碱含量本来就存在偏高、过高的现象,加之烘烤挂灰导致烟叶烟碱含量进一步增加,导致了工业可用性的进一步降低,不利于卷烟配方的使用。

付秋娟等^[17]研究显示,烤烟柔软度与主要理化指标密切相关,尤其是烟叶总糖、还原糖和钾对烟叶柔软度有直接作用,且相关系数也最高,分别为 0.704、0.695 和 0.559。该研究发现烟叶柔软性与还原糖含量极显著正相关,相关系数为 0.72。挂灰烟叶叶片由于烘烤过程中内物质(主要是碳水化合物)消耗或转化过度,所以叶片的总糖含量少,总碳水化合物含量少。

4 结论

烟叶柔软性与叶片结构、油分、身份、还原糖含量等极显著正相关,相关系数分别为 0.90、0.89、0.82、0.72;挂灰面积与烟叶颜色、氮碱比、色度等极显著负相关($P < 0.01$),与烟碱和氯离子含量极显著正相关($P < 0.01$),相关系数分别为-0.76、-0.64、-0.50、0.60、0.55。以烟叶质量各指标为因变量(y),以柔软性(X_1)、挂灰面积(X_2)、挂灰深浅(X_3)为自变量,建立偏最小二乘回归方程,可以较准确地估算柔软性和挂灰程度对烟叶质量的具体影响,如叶片结构的估算模型为: $Y = 3.322 + 0.811 1X_1 - 0.008 9X_2 + 0.122 2X_3$,模型对因变量信息总变异的解释比例为 86.81%。该研究还探明了柔软性、挂灰面积、挂灰深浅对烟叶质量各指标影响的相对重要性,如

柔软性、挂灰面积、挂灰深浅对烟叶外观质量影响的相对重要性分别为 1.45、0.84、0.45。偏最小二乘回归能很好地用来建立烟叶质量估算模型,尤其是涉及因变量和自变量均为多元的情况,烟叶挂灰程度和柔软性对烟叶质量有显著影响。

参考文献

- [1] 孙皓月,史洪涛,顾会战,等.上部挂灰烟叶形成与蜡质层的关系研究进展[J].天津农业科学,2021,27(10):68-73.
 - [2] 廖伟东,徐锐,陈良存,等.烟叶烘烤损失产生的原因及对策[J].湖北农业科学,2021,60(S1):226-229,274.
 - [3] 刘洪华,赵炳奇,郑洋,等.烤烟上部叶不同烘烤方式综合效果比较[J].现代农业科技,2021(16):226-227.
 - [4] 程海峰,胡健康,王平.保康烟区上部烟叶挂灰形成的原因及解决方法[J].绿色科技,2020(17):113-114.
 - [5] 仙立国,孙福山.特色烤烟良种翠碧一号(CB-1)为何难烤?[J].中国烟草学报,2020,26(3):2.
 - [6] 仙立国,黄一兰,王松峰,等.翠碧一号鲜烟叶素质及烘烤特性研究[J].中国烟草学报,2020,26(3):66-73.
 - [7] 杨晔.烤后烟叶挂灰的原因与防止烟叶挂灰的途径[J].安徽农业科学,2014,42(19):6367-6369,6372.
 - [8] 张银军.灰色烟叶的成因和防治技术研究[D].长沙:湖南农业大学,2008.
 - [9] 闫克玉,赵献章.烟叶分级[M].北京:中国农业出版社,2003.
 - [10] 秦浩,林志娟,陈景武.偏最小二乘回归原理、分析步骤及程序[J].数理医药学杂志,2007,20(4):450-451.
 - [11] 周贝贝,张强,孙健,等.偏最小二乘回归在苹果土壤养分与果实品质关系的研究与应用[J].Agricultural science & technology, 2016,17(2):362-366,384.
 - [12] 贺国强,徐永军,齐虹凌,等.基于偏最小二乘回归的假植期烤烟幼苗生长的水氮耦合效应研究[J].华北农学报,2015,30(S1):435-440.
 - [13] 于雷,洪永胜,耿雷,等.基于偏最小二乘回归的土壤有机质含量高光谱估算[J].农业工程学报,2015,31(14):103-109.
 - [14] 刘秀英,王力,常庆瑞,等.基于相关分析和偏最小二乘回归的黄绵土壤全氮和碱解氮含量的高光谱预测[J].应用生态学报,2015,26(7):2107-2114.
 - [15] 钟明浩,钟涛,王义康.基于偏最小二乘回归的玉米蛋白质含量鉴定[J].福建农业学报,2014,29(6):597-601.
 - [16] 肖振杰,周艳宾,徐增汉,等.黔南烤坏烟与正常烟叶主要化学成分含量差异[J].中国烟草科学,2014,35(3):74-78.
 - [17] 付秋娟,孙婷婷,窦玉青,等.初烤烟叶柔软度及其与烟叶主要理化指标的关系[J].烟草科技,2021,54(5):77-81.
- (上接第 169 页)
- 及质量都符合药典规定,但干物率及产量有差异。这与刘成才等^[21]的研究结果不同。
- 综上所述表明,该白及品种桂及 1 号在今后的推广种植中,可采取林下种植模式(郁闭度小于 0.6 都能生长)或与其他果树套种,但在林下种植模式中宜采用合理的田间配置才能实现高产高效。
- ### 参考文献
- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2015 年版 二部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
 - [2] 孙爱静,庞素秋,王国权.中药白及化学成分与药理活性研究进展[J].环球中医药,2016,9(4):507-511.
 - [3] 李伟平,何良艳,丁志山.白及的应用及资源现状[J].中华中医药学刊,2012,30(1):158-160.
 - [4] 周至明,黄程生,彭丽丽,等.白及人工种植初步研究[J].中药材,2006,29(1):7-8.
 - [5] 吴志刚.探析林下种植中药材产业发展现状和对策[J].中国林业产业,2016(2):146.
 - [6] 陈善波,刘娜,武华卫,等.不同施肥对白及林下栽培生长量的影响[J].四川林业科技,2017,38(6):20-26.
 - [7] 王伟生.白及育苗与林下栽培技术[J].安徽林业科技,2018,44(3):61-63.
 - [8] 袁秀云,许申平,周一冉,等.遮阴对白及形态及叶片结构的影响[J].植物研究,2021,41(6):974-981.
 - [9] 陈宝燕.棉花氮素无损诊断中 SPAD 值与土壤和植株含氮量的关系[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
 - [10] 苏智良,施彬,董晓光,等.白及不同种植模式对其产量的影响[J].中国农业文摘-农业工程,2018,30(1):53-55,63.
 - [11] 陶明亮,常明泉,李德福,等.萘醌-硫酸法测定复方白及乳膏中白及多糖的含量[J].儿科药理学杂志,2012,18(9):40-43.
 - [12] 朱海涛,楚亚琴,陈黎.正交试验优选萘醌-硫酸法测定白及多糖含量条件[J].中国医院药学杂志,2014,34(20):1714-1718.
 - [13] 王莹博.高温干旱胁迫对白及(*Bleilla striata*)光合与生理特性的影响[D].郑州:河南农业大学,2018.
 - [14] 刘海,罗鸣,吴明开.遮阴处理对白及光合特性的影响[J].时珍国医国药,2017,28(9):2229-2232.
 - [15] 杨平飞,孔娇,谢秀梅,等.不同遮阴处理对白及生长的影响[J].农技服务,2019,36(3):50,52.
 - [16] 崔波,周一冉,王喜蒙,等.不同光照强度下白及光合生理特性的研究[J].河南农业大学学报,2020,54(2):276-284.
 - [17] 毛土有,周军.白及间作玉米免遮阴生态高效栽培技术[J].中国农技推广,2019,35(1):63-64.
 - [18] 罗双林.不同郁闭度和坡位对毛竹林下套种白及的影响[J].安徽林业科技,2016,42(3):14-15.
 - [19] 苏云松,郭华春,陈伊里.马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究[J].西南农业学报,2007,20(4):690-693.
 - [20] 秦舒浩,李玲玲.遮光处理对西葫芦幼苗形态特征及光合生理特性的影响[J].应用生态学报,2006,17(4):653-656.
 - [21] 刘成才,饶春梅,宋昌俊,等.种植方式与栽培措施对白及产量和有效成分含量的影响研究[J].中草药,2021,52(21):6669-6676.