

付秋娟,郝贤伟,杜咏梅,等. 上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量与烟叶品质的关系及近红外模型研究[J]. 江苏农业科学,2025,53(12):201-206.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.12.028

上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量与烟叶品质的关系及近红外模型研究

付秋娟¹,郝贤伟²,杜咏梅¹,毕一鸣²,孙婷婷¹

(1. 中国农业科学院烟草研究所,山东青岛 266101; 2. 浙江中烟工业有限责任公司技术中心,浙江杭州 450046)

摘要:为明确灰分含量及其钙、镁、硫、磷含量对上部烟叶品质的影响,选取 2020 年全国 12 个省份 27 个产烟区 111 份代表性烤烟样品(等级为 B2F),比较灰分及钙、镁、硫、磷在不同种植区域、不同外观质量下的含量差异及其与物理指标、常规化学成分、感官评吸指标之间的关系,并建立近红外数学模型。结果表明,不同种植区域灰分、钙、镁、硫、磷含量差异显著,且不同成分在不同种植区域含量分布规律不一致;上部烟叶不同外观质量对灰分、钙、镁、磷含量均有显著影响,其中对颜色的影响最小;4 项物理指标与硫和磷含量呈极显著负相关,叶宽、叶片结构与钙和镁含量呈显著或极显著正相关,灰分与物理指标相关性不显著;灰分、钙含量与常规化学成分含量(烟碱含量除外)均存在显著或极显著相关关系,尤其是灰分含量与总糖、还原糖等含量的相关性较高,相关系数分别达 0.674 4、0.644 6;灰分含量与感官质量评分之间存在极显著负相关关系,随灰分含量升高,其细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味等评分及评吸总分越低,灰分含量大于 9.5%,样品评分显著降低;灰分含量与钙、镁、硫含量均建立了较好的近红外数学模型,校正模型及交叉验证模型相关系数均在 0.95 以上,可以用于上部烟叶灰分及钙、镁、硫含量的快速检测。综上,灰分含量是影响上部烟叶品质的关键因素。

关键词:灰分;钙;镁;硫;磷;外观质量;物理指标;感官质量评分;近红外模型

中图分类号:S572.01;S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)12-0201-06

烟草灰分是烟草充分燃烧后残留的物质,约占烟叶重的 10%,主要包含钾、钙、镁、硫、磷、氯等无机元素,其中钾和氯作为烟草的常规化学成分已受到较多关注并有大量相关研究。烟草灰分含量和成分组成与烟叶内在品质和物理特性密切相关,通常灰分含量越高,燃烧性越差,烟叶中有益吸食质量的有机成分越少,烟叶品质也越差^[1]。烟叶的灰分及其钙、镁、硫、磷含量在不同烟草类型、产地、部位间存在差异,且这些元素在烟草生长过程中具有不同的生理功能^[2]。因此,全面深入地探究烤烟上部叶灰分含量及其钙、镁、硫、磷含量与烟叶品质之间的关系,对于提升上部烟叶的可用性具有重要意义。近年来,研究主要集中在钙、镁、硫、磷作为营养元素对烟草生长发育以及对烤烟产质量的影响^[3-8],而对于灰分的研究多聚焦于含量差异分

析^[9-10]。张艳艳等针对沂蒙丘陵生态区的烟草研究发现,灰分含量与还原糖含量、氯含量、两糖差呈极显著负相关,与淀粉含量呈极显著正相关^[11];毕淑峰认为,灰分和挥发碱是影响云南烤烟品质的不利因素^[12]。然而,这些研究仅针对灰分或某一特定产区进行分析,尚未有关于上部叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量与烟叶品质关系的研究报道。本研究旨在系统分析我国烤烟上部叶灰分含量及其钙、镁、硫、磷含量的分布特点,并深入探究其与外观质量、理化指标和感官品质之间的关系,同时建立近红外数学模型,为烤烟生产栽培、肥料施用提供理论基础,也为卷烟工业在上部烟叶原料筛选及叶组配方设计方面提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

采集 2020 年安徽省(皖南)、福建省(龙岩市、南平市)、山东省(潍坊市)、河南省(南阳市、洛阳市、三门峡市)、江西省(赣州市)、广西壮族自治区(百色市)、湖北省(十堰市、恩施土家族苗族自治州)、湖南省(郴州市、永州市、湘西土家族苗族自治

收稿日期:2024-05-21

基金项目:中国烟草总公司科技项目(编号:110202103003);浙江中烟工业有限责任公司科技项目(编号:ZJZY2021A007);中国农业科学院科技创新工程(编号:ASTIP-TRIC05)。

作者简介:付秋娟(1974—),女,山东青州人,硕士,高级农艺师,主要从事烟草功能成分及烟叶原料研究。E-mail:fuqiujuan@caas.cn。

州、长沙市)、云南省(文山壮族苗族自治州、楚雄彝族自治州、大理白族自治州、昆明市、普洱市、红河哈尼族彝族自治州、曲靖市、玉溪市)、贵州省(铜仁市、毕节市)、四川省(凉山彝族自治州)、重庆市等12个省份27个产区的烟叶大货样品(等级为B2F)各2份,共54份。经外观质量鉴定后共获得代表性样品111份,每份样品为1.5~2.0 kg。

1.2 分析方法

1.2.1 样品制备 将每份样品进行物理指标测定后,全部去梗切成(0.9±0.1) mm宽的烟丝,混匀,一部分卷制成单料烟用于感官质量评价,一部分烘干后磨成粉末(0.25 mm)用于化学成分含量测定。

1.2.2 外观质量鉴定 由外观质量鉴定专家按照GB 2635—1992《烤烟》对样品进行外观质量鉴定,其因素包括颜色、成熟度、身份、油分、结构、色度。又以每一因素的基本组成为中间值,设3个层次,大于中间值用“+”表示,小于中间值用“-”表示。例如,橘黄色烟叶细分为“橘黄-”(浅橘)、“橘黄”“橘黄+”(深橘);烟叶油分在“有”档次的烟叶可细分为“有-”“有”“有+”。其他外观因素以此类推。

1.2.3 物理指标和化学成分检测方法 由农业农村部烟草产业产品质量监督检验测试中心,按照中华人民共和国烟草行业标准或行业内普遍采用的方法进行测定。物理指标参照付秋娟等的研究方法^[13];总植物碱含量的测定参照YC/T 468—2013《烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动(硫氰酸钾)法》;总糖、还原糖含量的测定参照YC/T 468—2013《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》;总氮含量的测定参照YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》;钾含量的测定参照YC/T 217—2007《烟草及烟草制品 钾的测定 火焰原子吸收光谱法》;氯含量的测定参照YC/T 162—2002《烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法》;淀粉含量的测定参照YC/T 216—2007《烟草及烟草制品 淀粉的测定 酶水解-离子色谱法》;灰分含量的测定参照YC/T 427—2012《烟草及烟草制品 灰分的测定 重量法》;钙含量的测定参照YC/T 174—2003《烟草及烟草制品 钙的测定 原子吸收光谱法》;硫含量的测定参照YC/T 284—2009《烟草及烟草制品 硫的测定 燃烧-红外吸收法》;镁含量的测定参照YC/T 175—2003《烟草及烟草制品 镁的测定 原子吸收光谱法》;磷含量的测定参照DB 53/T

357—2011《烟草及烟草制品 磷的测定 分光光度法》。

1.2.4 感官质量评价 由浙江中烟工业有限责任公司组织感官评吸专家依据浙江中烟企业标准进行评价,感官质量评价包括细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味、烟气浓度、劲头^[14]。

1.2.5 近红外数学模型的建立 使用Aataris II傅立叶变换近红外光谱仪(FT-NIR)(美国)进行光谱采集时,先称取10 g烟草粉末样品并装入样品杯中。利用积分球漫反射采样系统采集近红外光谱。采集条件如下:以仪器内置背景为参比,光谱波数范围为10 000~3 800 cm⁻¹,扫描次数为64次,分辨率8 cm⁻¹。在建立模型时,将全部样品的80%作为校正集,剩余20%作为验证集,以确保模型的准确性和可靠性。运用TQ Analyst 8.0化学计量学分析软件,将采用化学方法检测的灰分、钙、镁、硫、磷的化学测定值与近红外光谱相结合,借助化学计量学方法构建数学模型。通过光谱数据预处理、谱区范围选择和优化数据算法等手段,精细调整建模参数,逐步优化模型性能,最终建立灰分、钙、镁、硫、磷等5项指标的近红外数学模型。

1.3 数据统计

利用Excel、DPS 19.50统计分析软件进行数据统计分析,多重比较采用LSD法。

2 结果与分析

2.1 上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷数据特征

由表1可知,代表性样品中上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量的变异系数在10.72%~27.42%之间,均为中等变异,灰分和磷含量的变异稍小。从峰度和偏度来看,各成分含量基本服从正态分布。

表1 代表性样品灰分及钙、镁、硫、磷含量数据基本特征

项目	灰分含量	磷含量	硫含量	钙含量	镁含量
最小值(%)	7.20	0.14	0.29	0.78	0.16
最大值(%)	12.05	0.30	1.05	3.45	0.76
平均(%)	9.36	0.20	0.49	2.11	0.36
标准差(%)	1.00	0.03	0.13	0.51	0.09
峰度	-0.33	0.16	3.02	0.40	3.01
偏度	0.21	0.61	1.53	0.46	1.01
变异系数(%)	10.72	16.12	27.42	24.17	25.73

2.2 不同种植区域上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量差异

由表2可知,不同种植区域灰分及钙、镁、磷含

量差异显著,其中黄淮烟区灰分及钙、镁、磷含量最高,硫含量最低。黄淮烟区灰分含量显著高于西南烟区和长江中上游烟区,东南烟区、西南烟区和长江中上游烟区差异不显著;西南烟区磷含量显著低于其他产区,东南烟区、黄淮烟区和长江中上游烟区没有显著差异;东南烟区硫含量显著高于长江中

上游烟区、黄淮烟区和西南烟区,黄淮烟区和西南烟区没有显著差异;黄淮烟区钙含量显著高于其他烟区,西南烟区和长江中上游烟区差异不显著;黄淮烟区镁含量显著高于其他烟区,东南烟区、西南烟区和长江中上游烟区没有显著差异。

表 2 不同种植区域云烟 87 上部烟叶的灰分含量及钙、镁、硫、磷含量

烟区	含量(%)				
	灰分	磷	硫	钙	镁
东南烟区	9.48 ± 1.04ab	0.21 ± 0.04a	0.64 ± 0.15a	1.73 ± 0.33c	0.34 ± 0.06b
黄淮烟区	10.02 ± 1.10a	0.21 ± 0.03a	0.41 ± 0.05c	2.73 ± 0.51a	0.41 ± 0.09a
西南烟区	9.14 ± 0.88b	0.18 ± 0.02b	0.43 ± 0.07c	2.11 ± 0.38b	0.36 ± 0.09b
长江中上游烟区	8.93 ± 0.76b	0.20 ± 0.01a	0.52 ± 0.06b	1.97 ± 0.36bc	0.32 ± 0.11b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同外观质量指标上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量差异

由表 3 可知,不同外观质量指标上部烟叶灰分及钙、镁、磷、硫的含量差异各不相同,其中颜色的影响最小,不同颜色上部烟叶灰分及钙、镁、磷、硫含量之间均没有显著差异。上部烟叶成熟度主要影响磷和钙的含量,成熟烟叶中磷和钙含量低于“成熟-”烟叶;叶片结构和身份主要影响灰分、钙和镁的含量,叶片结构越紧密,灰分、钙、镁含量相

对越高;油分主要影响磷和钙的含量,油分越好的烟叶钙含量越低,磷含量以“有-”的烟叶含量相对最高,其他档次的略低;色度主要影响灰分和钙含量,色度越弱,灰分和钙含量越高。不同颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度对硫含量的影响均不显著。

2.4 物理指标、感官质量评分指标与上部烟叶灰分及其钙、镁、硫、磷含量的相关关系

由表 4 可知,上部烟叶物理指标与灰分及钙、

表 3 不同外观质量指标烟叶灰分及钙、镁、磷、硫含量差异分析

外观指标	质量档次	样品数量 (个)	含量(%)				
			灰分	磷	硫	钙	镁
颜色	橘黄	69	9.29 ± 0.95a	0.20 ± 0.03a	0.50 ± 0.14a	2.05 ± 0.51a	0.35 ± 0.09a
	橘黄-	26	9.34 ± 0.93a	0.20 ± 0.03a	0.45 ± 0.08a	2.29 ± 0.46a	0.38 ± 0.08a
	橘黄+	15	9.52 ± 1.19a	0.19 ± 0.03a	0.53 ± 0.15a	1.95 ± 0.43a	0.35 ± 0.10a
成熟度	成熟	36	9.35 ± 1.01a	0.18 ± 0.03b	0.50 ± 0.15a	1.95 ± 0.46b	0.36 ± 0.10a
	成熟-	73	9.34 ± 0.96a	0.20 ± 0.03a	0.49 ± 0.13a	2.17 ± 0.50a	0.35 ± 0.08a
叶片结构	疏松—尚疏松+	22	8.63 ± 0.76c	0.19 ± 0.02a	0.43 ± 0.07a	1.82 ± 0.44c	0.32 ± 0.07b
	尚疏松	39	9.44 ± 1.06b	0.20 ± 0.03a	0.51 ± 0.17a	2.10 ± 0.56b	0.36 ± 0.07ab
	尚疏松-	34	9.36 ± 0.81b	0.19 ± 0.03a	0.51 ± 0.13a	2.14 ± 0.39b	0.36 ± 0.08ab
	稍密	16	10.15 ± 0.92a	0.20 ± 0.03a	0.46 ± 0.09a	2.45 ± 0.50a	0.40 ± 0.15a
身份	中等	26	9.18 ± 0.95b	0.20 ± 0.03a	0.48 ± 0.12a	1.94 ± 0.49b	0.34 ± 0.07b
	稍厚-	23	9.05 ± 0.98b	0.19 ± 0.03a	0.49 ± 0.14a	1.98 ± 0.41b	0.35 ± 0.08b
	稍厚	49	9.41 ± 0.97b	0.20 ± 0.03a	0.49 ± 0.15a	2.17 ± 0.52ab	0.35 ± 0.08b
	稍厚—厚	13	10.08 ± 1.00a	0.18 ± 0.03a	0.49 ± 0.11a	2.43 ± 0.52a	0.43 ± 0.16a
油分	稍有	14	9.88 ± 1.11a	0.18 ± 0.02b	0.46 ± 0.09a	2.37 ± 0.49a	0.41 ± 0.16a
	有-	37	9.89 ± 0.80a	0.21 ± 0.04a	0.52 ± 0.16a	2.31 ± 0.50a	0.35 ± 0.08a
	有	45	9.04 ± 0.88a	0.19 ± 0.03b	0.49 ± 0.14a	1.95 ± 0.44b	0.35 ± 0.08a
	有+	15	8.55 ± 0.81a	0.18 ± 0.03b	0.44 ± 0.08a	1.83 ± 0.48b	0.35 ± 0.07a
色度	弱—中	50	9.74 ± 0.99a	0.20 ± 0.03a	0.50 ± 0.14a	2.25 ± 0.49a	0.37 ± 0.11a
	强-	35	9.10 ± 0.87b	0.20 ± 0.03a	0.49 ± 0.15a	1.99 ± 0.50b	0.36 ± 0.07a
	强—浓	26	8.98 ± 0.96b	0.19 ± 0.03a	0.47 ± 0.11a	2.00 ± 0.51b	0.33 ± 0.07a

注:同列数据后不同小写字母表示同一外观指标不同质量档次之间差异显著($P < 0.05$)。

表 4 上部烟叶灰分及其钙、镁、磷、硫与理化指标与感官评吸指标的相关关系

类别	指标	相关系数				
		灰分含量	磷含量	硫含量	钙含量	镁含量
物理指标	叶长	-0.223 2 *	-0.467 9 **	-0.256 9 **	-0.151 8	0.034 3
	叶宽	0.117 4	-0.437 8 **	-0.419 6 **	0.346 3 **	0.301 1 **
	单叶重	-0.050 1	-0.565 4 **	-0.353 2 **	0.161 5	0.252 4 **
	叶面密度	-0.078 5	-0.314 0 **	-0.276 8 **	0.212 9 *	0.205 5 *
化学成分	烟碱含量	0.174 3	-0.057 5	0.099 1	0.047 4	-0.020 2
	总糖含量	-0.674 4 **	-0.154 8	-0.179 1	-0.357 8 **	-0.251 9 **
	还原糖含量	-0.644 6 **	-0.138 9	-0.100 6	-0.388 5 **	-0.184 6
	总氮含量	0.219 8 *	-0.091 3	-0.282 7 **	0.283 6 **	0.156 4
	钾含量	0.205 1 *	0.266 5 **	0.635 3 **	-0.401 2 **	-0.082 8
	氯含量	0.341 6 **	0.100 4	0.219 9 *	0.262 8 **	0.425 2 **
	淀粉含量	-0.486 1 **	-0.042 9	0.041 0	-0.386 3 **	-0.164 0
感官质量评分	细腻感	-0.363 2 **	-0.159 2	-0.223 9 *	-0.093 6	-0.180 2
	清晰度	-0.420 3 **	-0.158 7	-0.175 4	-0.218 4 *	-0.217 1 *
	香气量	-0.383 1 **	-0.155 3	-0.154 4	-0.161 0	-0.307 0 **
	杂气	-0.393 0 **	-0.154 5	-0.150 4	-0.170 3	-0.245 2 **
	润感	-0.335 2 **	-0.171 0	-0.151 1	-0.136 4	-0.145 2
	刺激性	-0.284 9 **	-0.148 8	-0.167 5	-0.069 1	-0.075 0
	余味	-0.329 4 **	-0.177 9	-0.223 9 *	-0.072 0	-0.130 9
	总分	-0.373 9 **	-0.167 0	-0.183 7	-0.139 3	-0.192 8
	烟气浓度	0.008 2	-0.089 7	0.028 8	-0.146 2	-0.037 6
	劲头	0.128 2	-0.024 7	-0.054 7	0.051 6	-0.041 9

注：**表示相关性达极显著水平；*表示相关性达显著水平。

镁、磷、硫关系密切。叶长、叶宽、单叶重和叶面密度与灰分的相关性较小；磷和硫含量均呈极显著相关关系，且均为负相关，尤其是磷含量与单叶重相关系数达 -0.565 4；叶宽与钙、镁含量呈极显著正相关，与灰分含量相关性较小。灰分、钙含量与常规化学成分中的总糖、还原糖、总氮、钾、氯、淀粉等含量呈显著或极显著相关关系，尤其是总糖、还原糖含量；硫含量与钾含量呈极显著正相关，镁含量与氯含量呈极显著正相关。上部烟叶灰分含量与感官质量评分相关性极高，与细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味等指标的评分及评吸

总分均呈极显著负相关，与烟气浓度、劲头等评分没有显著相关性；镁含量与香气量、杂气、清晰度等评分呈显著或极显著负相关，磷含量与感官质量评分之间没有显著相关性。进一步对上部烟叶灰分、钙、镁、硫、磷含量与感官质量评分总分进行回归分析发现，灰分含量与感官质量评分总分的简单相关分析、回归分析 P 值 ($P < 0.01$) 均达极显著相关，钙含量回归分析达显著水平，但简单相关分析未达显著水平 (表 5)。因此，灰分含量对感官评吸质量的影响最大。随灰分含量的升高，评吸总分极显著降低。

表 5 上部烟叶灰分及钙、镁、磷、硫与评吸总分的相关分析

指标 (%)	简单相关分析			回归分析			
	相关系数	P 值	标准回归系数	偏相关系数	标准误	t 值	P 值
灰分含量	-0.374	0.000	-0.655	-0.315	0.716	3.402	0.001
磷含量	-0.167	0.080	-0.075	-0.068	12.641	0.701	0.485
硫含量	-0.184	0.054	0.139	0.090	4.165	0.929	0.355
钙含量	-0.139	0.145	0.409	0.202	1.419	2.111	0.037
镁含量	-0.193	0.043	-0.077	-0.077	3.969	0.795	0.428

将烟叶样品按照灰分含量划分为 5 个区间，不同区间范围烟叶感官质量评分见表 6。烟叶灰分含

量对其感官品质均有极显著影响 (表 4)。细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味得分和总

分均随着灰分含量的升高而降低,灰分含量大于 9.5% 时,样品得分显著降低,灰分含量小于 9.5% 时,各项感官质量得分差异不大。因此,上部烟叶灰分含量对感官质量影响的拐点是 9.5%。

表 6 不同灰分含量范围与感官质量指标的差异分析

感官质量指标	不同灰分含量范围样品的感官质量得分					F 值	P 值
	≤8.5%	>8.5% ~ 9%	>9% ~ 9.5%	>9.5% ~ 10%	>10%		
细腻感	6.65 ± 0.35	6.63 ± 0.48	6.51 ± 0.47	6.34 ± 0.48	6.19 ± 0.52	4.14	0.004
清晰度	6.53 ± 0.42	6.52 ± 0.52	6.46 ± 0.55	6.13 ± 0.54	5.93 ± 0.65	5.91	0.000
香气量	6.45 ± 0.30	6.44 ± 0.37	6.27 ± 0.39	6.22 ± 0.38	6.05 ± 0.54	4.09	0.004
杂气	6.45 ± 0.49	6.26 ± 0.68	6.28 ± 0.71	6.02 ± 0.70	5.69 ± 0.80	4.49	0.002
润感	6.42 ± 0.40	6.33 ± 0.58	6.26 ± 0.66	6.14 ± 0.52	5.92 ± 0.59	3.04	0.020
刺激性	6.50 ± 0.41	6.42 ± 0.57	6.40 ± 0.58	6.18 ± 0.47	6.14 ± 0.52	2.31	0.062
余味	6.42 ± 0.39	6.38 ± 0.60	6.30 ± 0.63	6.14 ± 0.48	5.96 ± 0.60	2.97	0.023
总分	45.42 ± 2.61	44.97 ± 3.69	44.48 ± 3.84	43.17 ± 3.46	41.87 ± 4.06	4.00	0.005
烟气浓度	6.12 ± 0.15	6.12 ± 0.15	6.10 ± 0.16	6.16 ± 0.17	6.11 ± 0.13	0.48	0.748
劲头	5.89 ± 0.16	5.91 ± 0.20	5.93 ± 0.18	5.97 ± 0.18	5.95 ± 0.17	0.62	0.651

2.5 上部烟叶灰分及钙、镁、硫、磷的近红外模型研究

由表 7、图 1 可知,烟叶灰分含量及其钙、镁、硫含量均建立了较好的近红外数学模型,数学模型的相关系数均达到 0.98 以上,交叉验证相关系数也在 0.95 以上,预测结果非常好;磷含量的数学模型稍差,今后可进一步扩充样品继续优化模型,进而提高数学模型的预测能力。

表 7 灰分及钙、镁、硫、磷近红外模型的数理指标

指标	模型相关系数	校正均方差 RMSEC	交叉验证 相关系数 [因子数(个)]	预测均方差 RMSEP
灰分含量	0.994 9	0.122 0	0.974 4(12)	0.233 0
钙含量	0.997 4	0.036 9	0.975 0(12)	0.106 0
镁含量	0.988 8	0.013 2	0.968 5(14)	0.025 5
硫含量	0.990 2	0.018 5	0.979 1(10)	0.028 7
磷含量	0.768 6	0.020 1	0.736 5(7)	0.020 3

3 讨论与结论

烟草中灰分含量与化学成分含量和感官质量评分关系密切。本研究结果表明,灰分含量与总糖、还原糖、淀粉等含量呈极显著负相关,与氯含量呈极显著正相关,这与张艳艳等的研究结果“灰分含量与还原糖、氯含量呈极显著负相关,与淀粉含量呈极显著正相关”^[11]不完全一致。造成这种现象的原因可能是取样范围或研究对象不一致,不同部位烟叶中矿质元素在植株体内的积累可能也不同。本研究结果表明,上部烟叶灰分含量与感官质量细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味等

评分呈极显著负相关,与浓度和劲头等评分相关性不显著,这与李卫等的研究结果^[1]完全一致。说明烟叶中灰分含量越高,燃烧越不充分,有利于吸食品质的成分也就越少,烟叶感官品质就越差。

本研究结果还表明,黄淮烟区上部烟叶镁含量显著高于其他 3 个烟区,这与王宝林等的研究结果^[6]基本一致。这是因为烟叶中的镁主要来自土壤,镁在南方酸性土壤如黄壤、紫色土、红壤中有极强的迁移能力,因此高温多雨的南方地区极易被淋失,导致镁含量低^[5]。烤烟中镁含量与外观质量评分存在较强的相关性。张森等认为,烤烟中的镁含量与其颜色和身份评分呈极显著正相关^[15]。王世济等认为,适宜镁水平下烤烟身份和油分得分较高^[16]。邓超等认为,烤烟中的镁含量直接影响到烤烟成熟度^[17]。本研究结果表明,镁含量与叶片结构和身份等评分存在显著差异,这与张森等研究的身份指标结果^[15-16]一致,而镁含量对烟叶颜色、成熟度、叶片结构和油分等评分的影响存在差异,可能与样品等级和产地有关。

钙含量是烤烟中仅次于钾含量的主要成分,在植物细胞中常以难溶性盐的形式存在。本研究结果表明,钙含量与上部烟叶外观质量、物理特性、化学成分含量间均存在极强的相关关系。可见,在烟叶生产过程中,合理施用钙肥能有效促进干物质积累,改善烤烟外观质量和农艺性状,进一步提高烟叶产质量。

综上,不同种植区域上部烟叶灰分含量与钙、镁、硫、磷等无机元素含量均有显著差异,其中灰分、钙、镁、磷含量以黄淮烟区最高,硫含量以东南

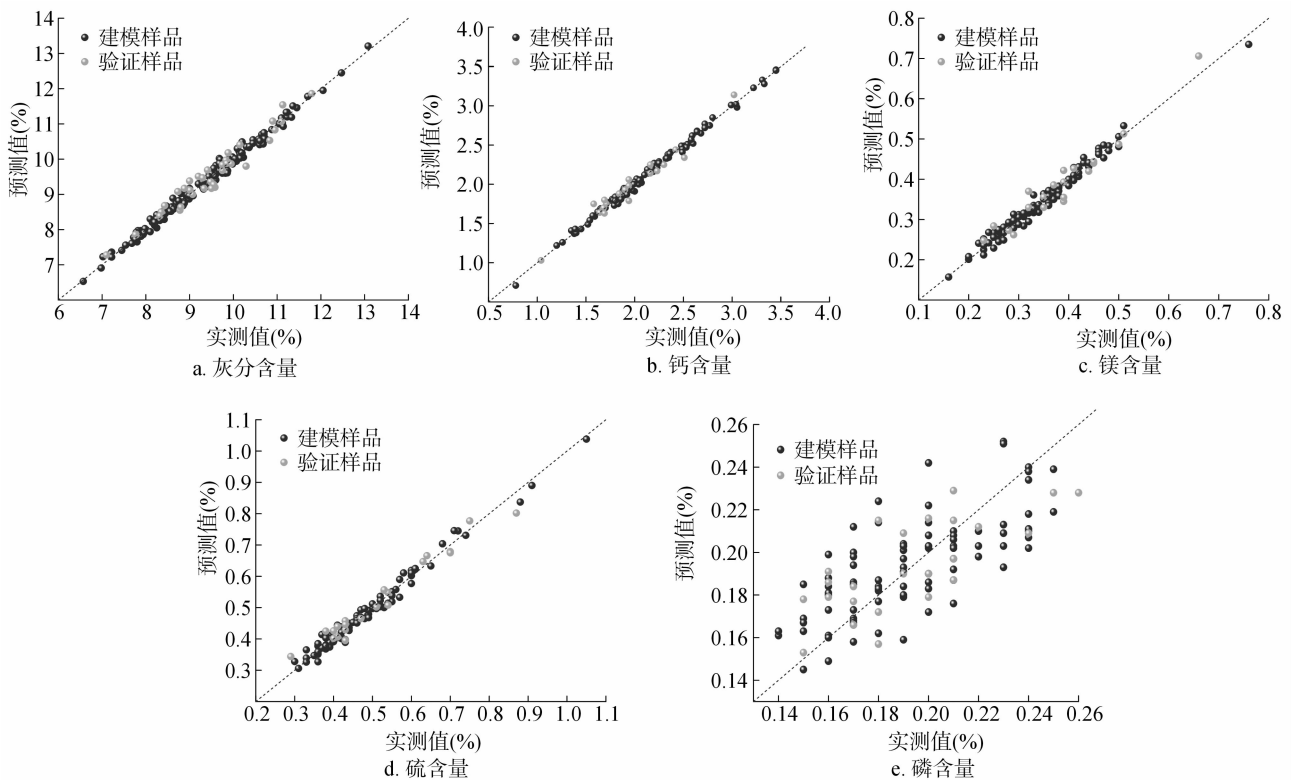


图1 灰分及钙、镁、硫、磷含量实测值与模型预测值散点图

烟区最高;上部烟叶不同外观对灰分、钙、镁、磷含量影响显著,其中对颜色的影响最小;物理指标和感官质量指标评分与灰分、钙、镁、硫、磷等含量均存在较强的相关关系,尤其是灰分含量,其与总糖含量、还原糖含量、淀粉含量以及感官质量指标的细腻感、清晰度、香气量、杂气、润感、刺激性、余味评分以及评吸总分均呈极显著负相关,而与物理指标的相关性不显著。此外,通过近红外技术,成功建立了灰分含量和钙、镁、硫、磷含量的数学模型,这些模型能够有效地应用于上部烟叶原料的快速筛选过程。

参考文献:

- [1]李卫,闫克玉,杜荣杰,等. 国产烤烟总灰分含量对比分析[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2009,24(5):33-35,76.
- [2]池敬姬,王艳丽. 总灰分及主要矿质元素对烟叶品质的影响[J]. 延边大学农学学报,2004,26(3):204-207.
- [3]王佩云,李璐,陈照峰,等. 钙、镁、铁亏缺对烟草生长和生理指标的影响[J]. 湖南农业科学,2022(10):21-24.
- [4]刘茜茜. 钙、镁营养对烤烟产量和品质的影响[D]. 贵阳:贵州大学,2020.
- [5]李丹萍,刘敦一,张白鸽,等. 不同镁肥在中国南方三种缺镁土壤中的迁移和淋洗特征[J]. 土壤学报,2018,55(6):1513-1524.
- [6]王宝林,贾国涛,白银帅,等. 我国烤烟镁含量分布特点及与化学成分和有机酸的关系[J]. 中国烟草科学,2021,42(1):68-72,78.
- [7]徐兴阳,李晓宁,李文丹,等. 叶面喷施钾、镁肥对烤烟生长及钾镁营养的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2021,36(3):472-478,546.
- [8]赵阿娟,文婧,丁春霞,等. 长沙植烟区土壤理化性质与烟叶常规化学成分相关性分析[J]. 作物研究,2018,32(6):511-515.
- [9]张环纬. 福建烟区烤烟品质指标比较及与气象因子的关系分析[D]. 郑州:河南农业大学,2019.
- [10]王建,刘晶,马迅,等. 国内外造纸法再造烟叶总灰分和水不溶灰分含量对比分析及其相关性研究[J]. 中国农学通报,2015,31(5):116-119.
- [11]张艳艳,代琛,赵百英,等. 沂蒙丘陵生态区烤烟化学成分与感官质量的相关分析[J]. 中国农学通报,2022,38(22):145-150.
- [12]毕淑峰. 云南烤烟评吸质量与化学成分的关系研究[J]. 黄山学院学报,2005,7(3):61-63.
- [13]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.
- [14]郝贤伟,帖金鑫,何文苗,等. 基于近红外光谱-感官评价的巴西烟叶风格模拟及替代[J]. 烟草科技,2018,51(10):83-89.
- [15]张森. 曲靖中海拔红壤烟区烤烟镁含量影响因素及与烟叶品质的关系[D]. 郑州:河南农业大学,2018.
- [16]王世济,赵第锐,崔权仁,等. 缺镁对烟叶内外外观质量影响初探[J]. 安徽农学通报(上半月刊),2010,16(7):80-81.
- [17]邓超,董召荣. 南丹地区烤烟不同叶位化学成分差异分析[J]. 安徽农学通报(上半月刊),2009,15(13):88-89,50.