

doi: 10. 16112/j. cnki. 53 - 1223 /n. 2020. 01. 007

# 生态因子对我国烟叶钾含量影响的研究进展

焦芳婵 吴兴富 陈学军 许美玲 李永平

(云南省烟草农业科学研究院, 云南 昆明 650021)

**摘要:** 烟叶钾含量对改善烟草品质至关重要, 与国际优质烟叶相比, 我国烟叶钾含量低, 面对这一现状, 我国烟草科技工作者, 从多维度进行烟叶钾含量的研究, 旨在提高我国烟叶钾含量. 本文主要从土壤理化因子、气候因子和地理因子等生态因子角度, 总结我国近十年来的大量研究结果. 在土壤理化因子方面, 对烟叶钾含量影响研究较明确的因子有土壤 pH、有机质及土壤有效钾含量, 其余土壤理化因子对烟叶钾含量的影响还存在诸多分歧; 在气候因子和地理因子方面, 虽然我国烟草科技工作者从不同方面进行了研究分析, 但研究结果更多存在分歧和争议. 本文在肯定具有明确研究结果的基础上, 对存在分歧影响因子进行了梳理, 为进一步的研究提供参考.

**关键词:** 生态因子; 烟草钾含量; 烟草; 土壤理化因子; 气候因子; 地理因子

**中图分类号:** S572; TS411   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1007 - 855X(2020) 01 - 0042 - 09

## Research Progress of the Effects of Ecological Factors on the Leaf Potassium Content of Tobacco

JIAO Fangchan ,WU Xingfu ,CHEN Xuejun ,XU Meiling ,LI Yongping

(Yunnan Academy of Tobacco Agriculture Science ,Kunming 650021 ,China)

**Abstract:** Potassium content in tobacco leaves is very important for the improvement of tobacco quality. Compared with international high - quality tobacco ,the potassium content is low in Chinese tobacco leaves. In this situation , Chinese tobacco researchers have carried out multi - dimensional research on potassium content in tobacco leaves in order to improve the potassium content in Chinese tobacco leaves. This paper summarizes the results of a large number of researches in China in the past ten years from the perspectives of the soil physical and chemical factors ,climatic factors and topographic factors. The soil physical and chemical factors that have clear effects on the potassium content of tobacco leaves are soil pH ,organic matter ,and soil available potassium content. There are still many differences in the effects of other soil physical and chemical factors on the potassium content of tobacco leaves. As to climatic factors and geographical factors ,although the tobacco researchers in China have conducted research and analysis from different aspects ,the research results are more divergent and controversial. Based on the clear research results ,this paper sorts out the influencing factors that have differences and provides references for further research.

**Key words:** ecological factors; leaf potassium content; tobacco leaf; soil physical and chemical factor; climate factor; geographical factor

## 0 引言

生态因子是对生物生长、发育、行为等生命活动有直接或间接影响的环境因子, 包括生物因素和非生

收稿日期: 2019 - 03 - 25. 基金项目: 中国烟草总公司云南省公司科技项目( 2019530000241006) .

作者简介: 焦芳婵( 1975 - ) ,女, 博士, 副研究员. 主要研究方向: 烟草育种. E - mail: jfcwin11@ 163. com

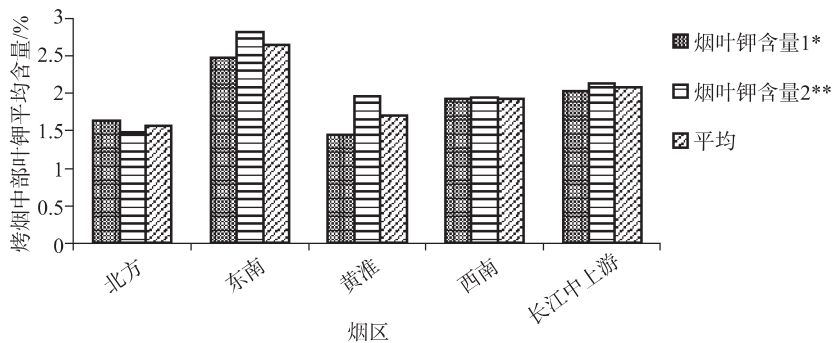
通信作者: 李永平( 1966 - ) ,男, 研究员. 主要研究方向: 烟草育种. E - mail: liyongping@ yntsti. com

物因素,非生物因素主要包括土壤、气候、地形等。钾在烟株体内几乎参与所有的代谢过程,对烟株的物质代谢和能量代谢影响很大<sup>[1]</sup>,并且对烟叶的品质起着十分重要的作用,被誉为烟草的“品质元素”,能显著改善烟叶的燃烧性和品质,降低烟叶焦油产生量,对提高烟叶的可用性起重要作用<sup>[2]</sup>。另外,烟叶钾含量通常是评价烟草品质最直接的指标之一,与国际优质烟叶相比,我国烟叶钾含量较低,差距明显。为了提高我国烟叶钾含量,我国烟草科技工作者从生态因子、种质资源、栽培方式、水肥管理等多维度进行了大量的研究性工作,本文梳理了我国近十年来生态因子中非生物因子对烟叶钾含量影响方面的大量研究结果,土壤理化因子诸如土壤pH、土壤有机质及矿质养分、土壤质地、土壤类型、土壤孔性、土壤水分等方面,气候因子诸如温度、光照及降雨等方面,地理因子诸如海拔和地形等方面对烟叶钾含量造成影响的研究结果,为我国烟叶钾含量的进一步研究提供参考。

## 1 我国烟叶钾含量现状

### 1.1 我国主要烟区烟叶钾含量

我国烟叶钾含量呈现出区域性特点,东南、长江中上游烟区烟叶钾含量高,平均含钾量大于2%,东南烟区烟叶钾含量最高达2.65%,而北方烟区与黄淮烟区烟叶钾含量明显低(图1)。我国各烟区烟叶钾含量大体上表现为南方烟区高于北方烟区,这与李强等人的研究结果一致<sup>[3]</sup>。



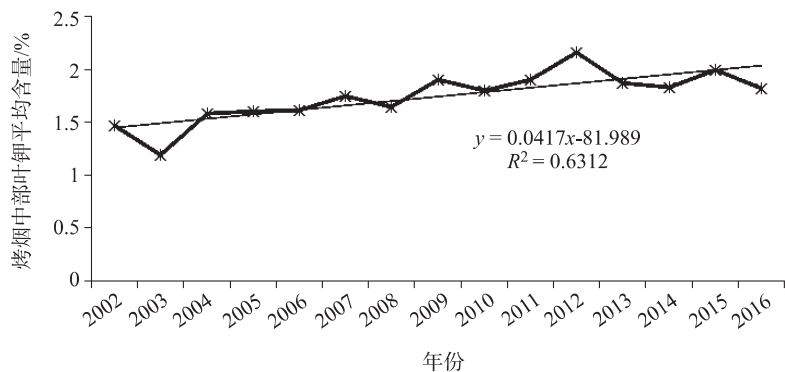
注: \* 数据1来自公开发表的论文,数据是2002—2013年全国主要烟区烤烟叶钾含量均值<sup>[4]</sup>; \*\* 数据2亦来自公开发表的论文,数据是2002—2016年全国主要烟区烟叶钾含量均值<sup>[5]</sup>;本图是在公开数据基础上,进行了归纳、求平均值、作图分析。

图1 我国主要烟区烤烟叶钾含量

Fig. 1 Potassium content in flue cured tobacco leaves in China's main tobacco growing areas

### 1.2 我国烟叶钾含量变化趋势

数据分析了2002—2016年我国烤烟叶钾含量的变化趋势,从图可以看出(图2): ①我国烤烟叶钾含量呈现波动上升趋势,且呈现出一定的线性关系,从斜率看上升速率低,但钾含量除2012年超过2%外,其余年份均低于2%。②从总体上看,我国烟叶平均钾含量总体上小于2%。国际上普遍认为优质烟叶钾含量一般不低于3%,巴西、津巴布韦和美国等优质烟叶生产国烟叶钾含量



注: \* 数据来源于公开发表的文章<sup>[5]</sup>,仅对数据作分析需要的图表。

图2 2002—2016年全国烤烟中部叶钾含量变化趋势

Fig. 2 Trend of potassium content in central leaves of flue cured tobacco in 2002 - 2016

高达 4% ~ 6%<sup>[6]</sup>, 与国际优质烟叶相比, 我国烟叶钾含量相对较低是不争的事实。

## 2 生态因子对钾含量的影响

### 2.1 土壤化学因子

烟草对土壤化学性状的适应性较强, 土壤化学性状的差异对烟叶钾吸收积累有影响, 影响烟叶钾含量的主要化学性状包括: 土壤 pH、土壤有机质及矿质养分等。

#### 2.1.1 土壤 pH

关于土壤 pH 对烟叶钾含量的影响至今无统一论, 目前主要存在以下观点, 一种观点认为 pH 低的土壤生产出的烟叶钾含量高, 持此观点的研究者认为酸性土壤环境有利于有效钾的释放, 同时由于土壤胶体吸附位上  $H^+$ 、 $Al^{3+}$  较多, 抑制了土壤中  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的活性, 促进  $K^+$  进入土壤, 从而使烟草对  $K^+$  更容易吸收。如曹志宏等<sup>[7]</sup> 人的研究指出土壤 pH 较低偏微酸性的植烟土壤上烟叶的含钾量高; 罗华元等人<sup>[8]</sup>、杨丽莉等人<sup>[9]</sup> 的研究也得到类似的观点, 指出在一定范围内烟叶钾含量与土壤 pH 呈显著负相关性。另一观点认为 pH 较高的土壤生产出的烟叶钾含量高, 持这一观点的研究者有韩锦峰等人<sup>[10]</sup>、陈建军等人<sup>[11]</sup>、张东等人<sup>[12]</sup> 等等不一而足, 其中张东等人指出在土壤 pH 5.0 ~ 7.5 之间, 烟叶钾含量随土壤 pH 升高而增大。另外还有研究指出, 在某一 pH 范围内, 烟叶钾含量随土壤 pH 升高有升高趋势, 而在另一范围内, 烟叶钾含量随土壤 pH 升高有降低趋势<sup>[13]</sup>。

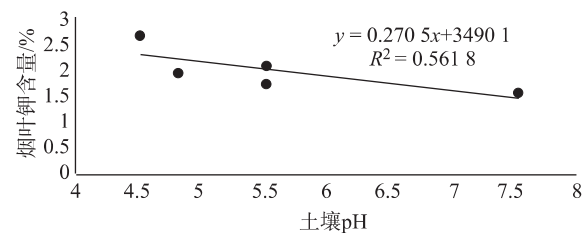
而本文在归纳总结土壤 pH 对烟叶钾含量影响的过程中, 依据已公开报道的数据, 对我国五大主要烟区土壤平均 pH 与烟叶平均钾含量进行相关性分析, 其结果显示, 在土壤 pH 4.5 ~ 7.5 内, 烟叶钾与土壤 pH 呈现一定负相关性(图 3), 更倾向支持第一种观点。据我国主要烟区土壤普查结果, 土壤 pH 6.5 ~ 7.5 占比 52.6%<sup>[14]</sup>, 因此, 我国主要烟区土壤 pH 高可能是造成烟叶钾含量低的原因。

#### 2.1.2 土壤有机质及矿质养分

虽然有研究指出土壤有机质与烟叶钾含量存在显著正相关性<sup>[8]</sup>, 但更多的研究指出土壤有机质含量与烟叶钾含量之间不存在显著的相关性<sup>[13, 15, 16]</sup>, 有研究指出植烟土壤有机质含量以 10 ~ 20 g/kg 为宜, 在南方烟区以 15 ~ 30 g/kg 为宜<sup>[17]</sup>, 但我国主要烟区土壤有机质含量 15 ~ 25 g/kg 占比最多达 30%, 其次为 25 ~ 35 g/kg 占比 29.9%<sup>[14]</sup>, 从结果看, 我国烟区土壤有机质大部分适宜, 由此可以看出土壤有机质对烟叶钾含量的影响很小。

土壤矿质养分指土壤速效钾、速效氮、速效磷以及土壤钙镁等对烟叶钾含量的影响。粗略统计近 10 年以来我国关于烟草钾含量与土壤速效钾含量间关系的文章共 20 篇, 其中支持烟叶钾含量与土壤有效钾含量间呈显著或极显著正相关的  $\frac{13}{20}$ , 支持烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性的占  $\frac{6}{20}$ , 支持在一定土壤有效钾含量范围内, 烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈正或负相关的占  $\frac{1}{20}$ (见表 1)。从分析可以看出, 土壤速效钾对烟叶钾含量的影响较大。在北美发达国家土壤有效钾含量低于 210 ~ 260 mg/kg 的土壤定为低钾土壤<sup>[18]</sup>, 据我国主要烟区土壤普查结果, 土壤速效钾 < 150 mg/kg 占比 63.1%<sup>[14]</sup>, 我国土壤有效钾远低于这一标准, 因此, 土壤有效钾含量普遍偏低是造成我国烟叶钾含量低的重要原因。

在土壤速效磷与速效氮方面, 更多的研究认为, 土壤速效磷含量、速效氮含量与烟叶钾含量无显著相关性(见表 1)。因此, 可以认为土壤速效磷、速效氮含量对烟叶钾含量高低影响较小。



注: \* 烟叶钾含量来自图 1 所用平均值, 土壤 pH 来自陈江华等人<sup>[14]</sup> 公开发表的文章。

图 3 全国 5 个主要烟区土壤 pH 值与烟叶钾含量关系  
Fig. 3 Relationship between pH value and potassium content in tobacco leaves of 5 main tobacco growing areas in China

表1 近十年来我国土壤速效钾、速效磷及速效氮含量与烟叶钾含量关系的研究结果

Tab. 1 Results of studies on the relationship between soil available potassium, available phosphorus, available nitrogen and potassium content in tobacco in China in the past decade

作者	研究结果	发表年份
杨国洪 <sup>[24]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关	2008
周俊学 <sup>[25]</sup>	土壤有效钾低于 188.59 mg/kg 时, 烟叶钾与土壤有效钾含量呈正相关, 大于 188.59 mg/kg 时, 呈负相关	2009
罗华元等 <sup>[8]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关	2010
周小平 <sup>[26]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性	2010
李自强 <sup>[27]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效氮含量无显著相关性	2010
王付锋 <sup>[28]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤有效氮含量无显著相关性	2010
陈向东 <sup>[29]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效磷含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效氮含量无显著相关性	2010
李卫等 <sup>[30]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效磷含量呈显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效氮含量呈显著正相关	2010
卢志伟 <sup>[31]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效氮含量显著正相关	2011
万辉 <sup>[32]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效磷含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤有效氮含量无显著相关性	2012
徐兵 <sup>[22]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效氮含量间无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量间无显著相关性	2012
陈伟等 <sup>[33]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关	2013
宋莹丽 <sup>[34]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效氮含量间无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量间无显著相关性	2014
王治伟 <sup>[23]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关 烟叶钾含量与土壤速效氮含量间无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量间无显著相关性	2015
刘权猜等 <sup>[35]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关	2015
赫浩浩等 <sup>[36]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关	2015
陈丽艳等 <sup>[15]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤有效氮含量无显著相关性 烟叶钾含量与土壤速效磷含量呈显著正相关	2016
刘坤等 <sup>[37]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈正相关	2016
徐茜等 <sup>[38]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量无显著相关性	2017
王亚虹等 <sup>[39]</sup>	烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关 当土壤碱解氮含量 < 150 mg/kg 时, 烟叶钾含量随着土壤碱解氮含量增加而增加; 当土壤碱解氮含量 > 150 mg/kg 时, 烟叶钾含量不再上升反而下降	2017

烟叶吸收的营养元素中,钾钙镁是主要的阳离子,三者之间有一个平衡复杂的关系.一般认为钾、钙、镁具有拮抗作用,在钙、镁离子含量较高的土壤上,钾的有效性将被抑制<sup>[19-21]</sup>.有研究指出交换性钙在 800 mg/kg 以下很可能会导致烟株缺钙,在 2 000 mg/kg 以上很可能会导致烟草对其他离子如钾吸收的拮抗,交换性镁在 100 mg/kg 以下烟株可能出现缺镁症,在 400 mg/kg 以上会导致烟株对其他离子如钾吸收的拮抗<sup>[17]</sup>.我国植烟土壤交换性钙含量较高,高于 2 000 mg/kg 占比高达 36.9%<sup>[14]</sup>,因此土壤高钙含量可能是造成我国烟叶钾含量低的原因,但土壤钾、钙、镁之间关系复杂,不能简单地认为土壤钙镁对钾具有拮抗作用,正如有的研究指出的那样在一定钾浓度范围内钙对钾的吸收具有促进作用或土壤钙镁与烟叶钾含量间不存显著的相关性<sup>[21-23]</sup>,因此关于植烟土壤交换性钙、镁含量对烟叶钾含量的影响还需进一步研究.

## 2.2 土壤物理因子

土壤物理因子包括土壤质地、土壤结构、土壤水分、土壤孔性等,土壤物理因子影响着烟草根系烟株的生长以及品质.

### 2.2.1 土壤质地

土壤质地对烟叶钾含量具有一定影响,但至于烟草植于哪种质地土壤上有利于提高烟叶钾含量至今无统一定论,一般认为在砂壤土或壤土上种植烟草,烟叶钾含量高,如陈懿等人<sup>[40]</sup>研究表明,壤土植烟叶钾含量高于粘土;高传奇研究表明,砂土植烟叶钾含量高于壤土及粘土<sup>[41]</sup>;徐兵研究表明中壤土植烟叶钾含量显著高于重粘土及粘土<sup>[22]</sup>;宋莹丽研究表明,壤土植烟叶钾含量普遍高于粘土<sup>[34]</sup>;但亦有研究指出在粘土壤上烟叶钾含量高,如高传奇等人<sup>[42]</sup>研究表明,粉砂质粘土上烟叶钾含量高;严永旺研究表明,粘土植烟叶钾含量显著高于壤土及砂土<sup>[43]</sup>;马莹等人<sup>[13]</sup>研究表明,粘土植烟叶钾含量显著高于壤土、砂土;李肃研究表明,轻粘土植烟叶钾含量显著高于重、中、轻壤土<sup>[44]</sup>;荀红霞研究表明,粘土植烟叶钾含量高于壤土<sup>[45]</sup>.在烟叶钾含量与粘粒含量关系方面亦存在着两种相反的报道,研究指出烟叶钾含量与土壤粘粒含量有负相关的趋势<sup>[22,34]</sup>,而相反的研究指出烟叶钾含量与土壤粘粒含量有正相关的趋势<sup>[13,43,45]</sup>,因此,可以看出土壤质地对烟叶钾含量的影响十分复杂,涉及到肥、水、气、热等方方面面,其具体机理需进一步研究.

### 2.2.2 土壤类型

不同地区土壤类型不同,其土壤特征也千差万别,对烟草生长发育及其品质也具有不同影响,虽然烟草在不同土壤上都可生长,但不同土壤类型上生长出的烟草叶钾含量会存在差别.通过表 2,可以看出土壤类型对烟叶钾含量具有一定的影响,不同土壤类型对烟叶钾含量影响不同,但土壤类型对烟叶钾含量的影响本质上是不同土壤类型理化性质、生物特性不同所致.

表 2 近十年以来我国对土壤类型对烟叶钾影响的研究统计情况

Tab.2 Statistics on the effect of soil types on tobacco potassium in China in the past decade

作者	内容	年份
解燕 <sup>[46]</sup>	烟叶钾含量在不同土壤类型上差别不显著,烟叶钾在红壤土上最高,为 15.69 g/kg,在新积土上最低,为 14.80 g/kg	2010
徐兵 <sup>[22]</sup>	烟叶钾含量在不同土壤类型之间存在差异,具体表现为黄壤(黄灰土)上显著高于弱潜育性水稻土、潜育性水稻土	2012
陈若星等人 <sup>[47]</sup>	烟叶钾含量在不同土壤类型上差别不显著,紫色土上显著高于红壤、水稻土,红壤与水稻土间差异不显著	2012
刘坤等人 <sup>[37]</sup>	罗平烟区烟叶钾含量在不同类型土壤之间存在较大差异,具体表现为黄壤最高,紫色土次之,红壤最低	2015
赵福杨等人 <sup>[48]</sup>	不同土壤类型上烟叶钾存在差异,沙质土和紫壤土上烟叶钾含量较高,水稻土、红壤土和黄壤土上烟叶钾含量较低	2016

### 2.2.3 土壤孔性

土壤容重、孔隙度影响烟株根系的生长与发育, 进而影响对钾素的吸收. 吴玉堂等人研究表明, 土壤容重、土壤孔隙度等与烟叶钾含量成显著的相关性, 烟叶钾含量与土壤容重呈显著的负相关性, 与土壤孔隙度呈显著正相关( $r_{k-pb} = -0.948$ ,  $r_{k-孔隙度} = 0.994$ )<sup>[49]</sup>; 但王树会等人研究得到不同的看法, 表明容重与烟叶钾含量间不存在明显的相关性, 在容重小于  $1.45 \text{ g/cm}^3$  时烟叶钾含量没有呈现出一定的趋势, 当容重大于  $1.45 \text{ g/cm}^3$  时, 随着容重增加烟叶钾含量呈现下降趋势<sup>[50]</sup>. 土壤容重、孔隙度对烟叶钾含量的影响较复杂, 目前这方面的研究还尚浅, 需进一步研究.

### 2.2.4 土壤水分

土壤水分不仅影响烟株的生长发育, 而且也影响土壤中钾离子的迁移和固定, 进而影响烟叶钾含量, 适宜水分有利于烟叶钾含量的提升, 而严重干旱或土壤水分过多会造成烟叶钾含量的降低, 轻度的干旱反而能提高烟叶钾含量. 颜合洪研究表明, 不同生育期干旱处理或水淹处理均能显著降低烟叶钾含量<sup>[51]</sup>; 颜丽等人<sup>[52]</sup>研究认为, 土壤水分是保证土壤中钾素向烟根系运动的必要条件, 在烟株吸钾高峰期的土壤含水量也是限制烟株吸钾和烟叶钾含量的主要因子之一, 在吸钾高峰期, 保持土壤适宜水分, 可以提高烟叶钾的含量; 尉芹等人<sup>[53]</sup>研究表明土壤含水量在 14% ~ 18% 范围内, 烟叶钾含量随水分增加而增加, 而在 20% ~ 25% 范围, 烟叶钾含量随水分增加而减少, 烟叶钾素吸收较适宜的水分条件为 18%, 土壤含水量为 14% (轻干旱) 时烟叶钾含量均高于土壤含水量为 20% ~ 25% (供试土壤田间持水量为 21%) 时的烟叶钾含量, 可见土壤水分过多不利于钾素吸收; 王可研究表明, 成熟期烟叶钾含量随土壤水分含量的增加而逐渐减少, 土壤相对含水率 40% 时最高, 相对含水率 60% 时次之, 相对含水率 70% 时较少, 相对含水率 80% 时最少<sup>[54]</sup>; 莫江华研究表明, 伸根期、成熟期水分亏缺均能在不同程度上提高烟叶钾含量, 轻度缺水处理 (相对含水率 50% ~ 60%) 高于中度缺水 (相对含水率 40% ~ 50%) 高于对照 (相对含水率 60% ~ 70%)<sup>[55]</sup>, 由此可见, 伸根期或成熟期适度的水分亏缺有利于烟叶钾含量的提升.

## 2.3 气候因子

### 2.3.1 温度

烟草是喜温作物, 在正常温度范围内, 烟株生理代谢正常, 高温或低温均会引起烟株一系列的生理生化变化, 进而造成烟株生长发育迟缓或品质下降. 温度对烟叶钾含量的影响主要存在以下分歧观点: 一类研究认为在一定温度范围内, 烟叶钾含量随温度升高而逐渐增加, 如尉芹等人<sup>[53]</sup>研究表明, 在 15 ~ 25 °C 范围, 烟叶钾含量随温度升高逐渐增加; 黄中艳等人<sup>[56]</sup>研究表明, 在供试的各月份内, 烟叶钾含量与平均气温间呈显著正相关; 另一类研究认为在一定温度范围内, 烟叶钾含量随温度升高而逐渐减少, 如尉芹等人<sup>[53]</sup>研究表明, 30 ~ 35 °C 范围, 烟叶钾含量随温度升高钾含量减少; 刘春奎<sup>[57]</sup>研究表明, 伸根期、成熟期、旺长期均与烟叶钾含量呈显著负相关; 刘柄清等人<sup>[58]</sup>研究表明, 伸长期、旺长期烟叶钾含量与均温间不存在显著相关性, 而成熟期烟叶钾含量与均温呈显著负相关. 还有一类研究认为烟叶钾含量与温度关联性低, 温度对烟叶钾含量无明显影响, 如周俊学<sup>[25]</sup>研究表明, 烟叶钾含量与伸根期、旺长期、成熟期均温间无显著相关性; 陈伟等人<sup>[33]</sup>研究表明, 不论烟株大田生长前期还是成熟期, 烟叶钾含量与平均气温关联度低.

气温日较差及积温对烟叶品质也会造成一定的影响, 目前研究认为气温日较差对烟叶钾含量无显著影响, 黄中艳等人<sup>[53]</sup>研究表明, 烟叶钾含量与气温日较差间无显著相关性, 这与杨圆圆等人<sup>[59]</sup>不同生育期烟叶钾含量与气温日较差关系分析的结果一致. 而积温对烟叶钾含量的影响存在分歧, 刘春奎<sup>[57]</sup>研究表明, 烟叶钾含量与  $\geq 10$  °C 积温呈显著负相关, 与杨圆圆<sup>[59]</sup>的研究结果一致; 时鹏等人<sup>[60]</sup>研究表明, 旺长期、成熟期及大田期烟叶钾含量与  $\geq 10$  °C 积温呈显著正相关; 周俊学<sup>[25]</sup>研究表明, 烟叶钾含量与  $\geq 10$  °C 活动积温间无显著相关性, 这与刘柄清等人<sup>[58]</sup>的研究结果一致; 陈伟等人<sup>[33]</sup>研究表明, 不论烟株大田生长前期还是成熟期, 烟叶钾含量与  $\geq 10$  °C 积温关联度低, 另外还有种情况是烟草不同发育期烟叶钾对积温的响应不同, 如时鹏等人<sup>[60]</sup>研究表明团棵期烟叶钾含量与  $\geq 10$  °C 积温呈显著负相关, 而旺长期、成熟期、大田期烟叶钾含量与积温间不存显著相关性.

### 2.3.2 光照

烟草是喜光植物,光照条件不同,烟叶质量会有很大不同,只有在充足的光照条件下才有利于光合作用,进而提高产量和品质.杨兴有<sup>[61]</sup>、乔新荣<sup>[62]</sup>的研究一致认为,随着光照强度的降低,烟叶钾含量显著增加,可见强光对烟叶钾的吸收累积具有一定的抑制作用.

日照时数对烟叶钾含量的影响结果亦存在分歧,具体体现在以下几方面:①正相关,如刘春奎等人<sup>[57]</sup>研究表明,大田日照时数与烟叶钾含量呈显著正相关;②负相关,杨园园<sup>[59]</sup>研究表明,烟叶钾含量与日照时数呈显著负相关,光照时数越长,钾含量越低;③无相关,如时鹏等人<sup>[60]</sup>研究表明,烟叶钾含量与日照时数间无显著相关性;④不同生育期,烟叶钾对日照时数响应不同,如刘炳清等人<sup>[58]</sup>研究表明,除旺长期外,伸根期、成熟期、大田期日照时数与烟叶钾含量呈显著负相关,而旺长期与烟叶钾含量无显著相关性.

### 2.3.3 降雨

降雨对烟叶钾含量的影响结果存在分歧,具体表现在以下几方面:①正相关,如刘春奎<sup>[57]</sup>研究表明,旺长期、成熟期、伸根期降雨量与烟叶钾含量呈显著正相关;②负相关,如杨圆圆<sup>[59]</sup>研究表明,烟叶钾含量与降雨量间呈显著负相关;③无相关,如时鹏等<sup>[60]</sup>、周俊学<sup>[25]</sup>研究认为烟叶钾含量与降雨量间无显著相关性;④不同生长期,烟叶钾含量对降雨量的响应不同,如刘炳清<sup>[58]</sup>研究表明,伸根期降雨量、旺长期降雨量与烟叶钾含量呈显著正相关,成熟期与烟叶钾含量呈显著负相关.

### 2.4 地理因子(海拔、地形)

海拔对烟叶钾含量的影响主要表现在:①烟叶钾含量随海拔高度升高而升高;②烟叶钾含量随着海拔高度升高而逐渐减少;③烟叶钾与海拔高度间无规律性;④烟株不同部位烟叶钾含量对海拔高度响应存在差异.如沈燕金等<sup>[63]</sup>研究文山烤烟化学成分与海拔之间的相关性,其结果表明,烟叶钾含量与海拔存在显著正相关关系,这与杨超等<sup>[64]</sup>对重庆植烟区海拔高度对烟叶化学品质影响研究的结果一致;宋鹏飞等<sup>[65]</sup>分析海拔与烟叶化学成分的关系,其结果表明,烟叶钾含量随海拔升高呈下降趋势;黄韡等<sup>[66]</sup>对昭通烟区不同海拔高度的96个烟叶进行常规化学成分分析,其结果表明,中、下部烟叶钾含量与海拔高度呈极显著负相关,而上部烟叶钾含量与海拔高度呈显著负相关.王斌等<sup>[67]</sup>研究不同海拔对烤烟内在化学成分的影响,其结果表明上部烟叶钾含量随海拔高度升高而逐渐增加,中、下部烟叶钾含量随海拔升高而逐渐减少;王彪等<sup>[68]</sup>对云南烟区烟叶主要化学成分与海拔高度间的相关性进行分析,其结果表明,不同部位烟叶钾含量与海拔呈正相关,其中,上部烟叶钾含量与海拔高度的相关性达到极显著水平;王宇超<sup>[69]</sup>以湖南省8个不同海拔高度为试验点的结果表明,烟叶钾含量随着海拔高度的增加表现出无规律性.由此可见,海拔对烟叶钾的影响机理复杂,其中牵涉到气温、光照、湿度、降雨以及土壤等因子,因此,海拔对烟叶钾含量的影响是一种综合因子的体现.

地形对烟叶钾含量的影响研究较少,李洪勋等<sup>[70]</sup>研究表明,烟株不同生长期,地形对钾含量的影响表现不同,成熟期各个微地形处理烟叶钾素含量间差异不显著,团棵期坡地烟叶与台地烟叶差异不显著,与坝地差异显著;旺长期坡地烟叶与坝地烟叶差异不显著,与台地差异显著,打顶期坡地、坝地、台地间烟叶钾含量差异显著.

## 3 问题与展望

面对我国烟叶钾含量与优质烟叶钾含量的差距,提高烟叶钾含量成为我国烟草农业科技普遍关注的一个问题,我国烟草科技工作者针对这一问题从不同角度进行了大量的研究,然而通过上述综述可以看出,生态因子与烟叶钾含量间关系复杂,不同的自然生态因子对烟叶钾含量的影响不同,同一区域烟叶钾含量又受多个生态因子的影响.虽然前人从不同侧面研究分析了生态因子与烟叶钾含量的关系,但仍存在许多问题值得进一步探讨.一是研究结果存在分歧,如土壤有效钾含量对烟叶钾含量的影响,存在三种研究结果,有人认为烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著正相关,但有些人认为烟叶钾含量与土壤速效钾含量呈显著负相关或无显著相关性.在其他生态因子上均存在这种分歧的研究结果,不一而足,导致这种分歧的原因与区域生态环境条件差异及生态因子之间的对烟叶生理代谢影响的复杂性有关.二是生态因子对烟叶钾含量的影响

的更多研究侧重一个点,而生态因子之间相互影响相互制约,其复杂性决定侧面的研究不能完全揭示本质,如综述中提到,土壤pH对烟叶钾含量存在一定的影响,但土壤pH的改变牵动一系列土壤理化性质的改变,因此,今后我国在生态因子对烟叶钾含量影响上的研究更应该注重综合生态因子分析。三是可以在一些暂未涉及或涉及浅的领域加强研究,如空气质量、二氧化碳含量等对烟叶钾含量的影响。

#### 参考文献:

- [1] 刘岱松, 杨朝辉, 石方斌, 等. 浅谈烟草钾素营养[J]. 农业科技通讯, 2011(1): 140-142.
- [2] 闫慧峰, 石屹, 李乃会, 等. 烟草钾素营养研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(1): 123-129.
- [3] 李强, 周冀衡, 何伟李, 等. 中国烤烟含钾量的区域特征研究[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 363-368.
- [4] 包勤, 张艳玲, 王爱国, 等. 2002-2013年间我国烤烟主要化学成分变化趋势及原因分析[J]. 烟草科技, 2015, 48(7): 14-19.
- [5] 闫宁, 刘新民, 杜咏梅, 等. 我国初烤烟叶钾含量现状与变化趋势分析[J]. 江西农业学报, 2018, 30(1): 86-90.
- [6] 张笛, 叶协锋, 邢小军, 等. 凉山烤烟钾含量状况及其与国内外优质烤烟的比较分析[J]. 湖南农业科学, 2012(5): 30-33.
- [7] 曹志洪, 周秀如, 李仲林, 等. 我国烟叶含钾状况及其与植烟土壤环境条件的关系[J]. 中国烟草, 1990(3): 6-13.
- [8] 罗华元, 王绍坤, 常寿荣, 等. 烤烟钾含量与土壤pH、有机质和速效钾含量的关系[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 29-32.
- [9] 杨丽莉, 朱列书, 罗华元, 等. 土壤理化性状与烟叶化学成分含量的典型相关分析[J]. 湖南农业科学, 2014(2): 49-54.
- [10] 韩锦峰, 陈建军, 王瑞新. pH值对烤烟物质生产和营养的影响[J]. 中国烟草学报, 1992, 1(2): 31-34.
- [11] 陈建军, 陈建勋, 吕永华. 根际pH值对烟草无机营养吸收的影响[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(5): 341-344.
- [12] 张东, 扈强, 刘新民, 等. 渝东南土壤pH值与烟叶主要元素相关性分析[J]. 广东农业科学, 2014(14): 18-22.
- [13] 马莹, 邓小华, 王丰, 等. 黔西南州烤烟钾含量分布及其影响因素[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(2): 290-293.
- [14] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14-18.
- [15] 陈丽燕, 王建伟, 刘海轮, 等. 环秦岭区域植烟土壤养分状况及其烟叶品质的关系[J]. 烟草科技, 2016, 49(10): 15-22.
- [16] 李佳颖, 刘新源, 李洪臣, 等. 三门峡土壤有机质含量分布特征及其与烟叶品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 475-479.
- [17] 黄成江, 张晓海, 李天福, 等. 植烟土壤理化性状的适宜性研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(1): 42-46.
- [18] 刘文祥, 颜合洪, 周益, 等. 烟草钾素营养与提高烤烟烟叶含钾量的研究进展[J]. 作物研究, 2007, 21(5): 736-740.
- [19] 刘正日, 胡日生, 郭清泉. 烟草钾素营养研究进展[J]. 作物研究, 2004, 18(5): 109-118.
- [20] 张娟, 张喜琦, 许士明, 等. 我国烟草钾素营养的研究现状及探讨[J]. 山东农业科学, 2009(8): 79-82.
- [21] 解燕, 王文楷, 赵杰, 等. 烟草钾素营养与钾肥研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 302-306.
- [22] 徐兵. 凤凰烟区不同植烟土壤条件对烟叶生长发育及其品质的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [23] 王治伟. 文山烟区植烟土壤养分状况及烤烟种植施肥建议[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [24] 杨国洪. 大理不同植烟土壤供肥能力分析及其对烟叶产质量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [25] 周俊学. 洛阳烟区烤烟化学成分与生态因素的关系[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [26] 周小平. 六盘山烟区主要生态因子与烟叶品质关系分析[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [27] 李自强. 罗平植烟土壤特性与烟叶质量的关系研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [28] 王付锋. 平陆烟区治烟土壤肥力适宜性及烤烟化学品质区划研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [29] 陈向东. 四川烟区生态因子与烟叶质量关系的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [30] 李卫. 云南曲靖烟区土壤养分分布特征及其与烤烟化学指标的关系[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [31] 卢志伟. 主要生态因子对烟叶化学成分以及感官质量的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [32] 万辉. 四川凉山区土壤养分对烟叶质量的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [33] 陈伟, 陈懿, 黄磊, 等. 土壤与气候对烤后烟叶烟碱和钾含量的影响[J]. 土壤, 2013, 45(4): 713-717.
- [34] 宋莹丽. 土壤条件对浓香型特色优质烟叶形成的影响研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- [35] 刘权猜, 张一扬, 殷红慧, 等. 文山烟叶主要化学成分与土壤养分典型相关性[J]. 湖南农业科学, 2015(8): 90-92.
- [36] 赫浩浩, 朱金峰, 黄海棠, 等. 豫中烟区土壤速效钾与土壤因素及烟叶品质性状的关系分析[J]. 江西农业科学, 2015,



- 27(2):54-57.
- [37] 刘坤,周冀衡,李强,等.罗平烟区不同类型植烟土壤速效钾与烟叶钾关系分析[J].天津农业科学,2016,22(3):27-31.
- [38] 徐茜,吴平,陈志厚,等.南平烟区烟叶钾含量与烟叶质量的关系研究[J].江西农业科学,2017,29(2):85-89.
- [39] 王亚虹,卢秀萍,许自成,等.植烟土壤碱解氮、速效钾含量及其交互作用对烤烟钾含量的影响[J].中国农业科技导报,2017,19(11):108-116.
- [40] 陈懿,潘文杰,陈伟,等.不同质地土壤主要养分动态变化及其对烤烟的影响分析[J].湖北农业科学,2011,50(21):4361-4364.
- [41] 高传奇.土壤质地对烤烟生长和品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [42] 高传奇,刘国顺,杨永锋,等.不同质地土壤对烤烟地上部生长动态的影响[J].土壤,2014,46(1):158-164.
- [43] 严永旺.不同质地土壤微生物种群、酶活性对烟叶品质的影响[D].长沙:湖南农业大学,2011.
- [44] 李肃,曲靖烟去不同土壤质地地烤烟清香型分格及品质指标的比较[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [45] 蓟红霞.土壤条件对烤烟生长、养分积累和品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2006.
- [46] 解燕.马龙县植烟土壤营养环境与烟叶质量的关系研究[D].长沙:湖南农业大学,2010.
- [47] 陈若星,杨虹琦,赵松义,等.土壤类型对烤烟生长及品质特性的影响[J].中国烟草科学,2012,33(6):33-38.
- [48] 赵福杨,张耸,钱宁,等.不同土壤类型对烤烟化学成分及其协调性的影响[J].安徽农业科学,2016,44(20):38-41.
- [49] 吴玉堂,丁伟.土壤质地对烤烟烟叶中钾含量的影响[J].硅谷,2008(16):3+28.
- [50] 王树会,李天福.土壤容重对烤烟生长及产量和品质的影响[J].中国农业科技导报,2008,10(5):94-98.
- [51] 颜合洪.水分条件对烤烟主要化学成分的影响研究[J].中国生态农业学报,2005,13(1):101-103.
- [52] 颜丽,关连株,栾双,等.土壤供钾状况及土壤湿度对我国北方烤烟烟叶含钾量的影响研究[J].土壤通报,2001,32(2):84-87.
- [53] 尉芹,张一平,龚明贵.水热条件与烟叶钾素吸收的关系研究[J].西北植物学报,2004,24(6):1112-1116.
- [54] 王可.不同土壤水分含量对成熟期烤烟主要矿质元素和石油醚提取物的影响[J].安徽农业科学,2018,46(11):29-31.
- [55] 莫江华.不同时期水分亏缺对烤烟产量和水分利用的影响[D].南宁:广西大学,2007.
- [56] 黄中艳,王树会,朱勇,等.气象条件对云南烤烟4项化学成分含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(1):48-52.
- [57] 刘春奎.湖北恩施烟区气候因素和烤烟质量综合评价[D].郑州:河南农业大学,2008.
- [58] 刘柄清,翟欣,许自成,等.贵州乌蒙烟区气候特征及其对烟叶化学成分德影响[J].甘肃农业大学学报,2015,50(3):113-118.
- [59] 杨园园.不同气候配置对烤烟质量风格的影响[D].郑州:河南农业大学,2014.
- [60] 时鹏,申国明,向德恩,等.恩施烟区主要气候因子与烤烟烟叶化学成分德关系[J].中国烟草科学,2012,33(4):13-16.
- [61] 杨兴有.光照强度对烤烟生长发育和品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2006.
- [62] 乔新荣.光照强度对烤烟生长发育、光合特性及品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2007.
- [63] 沈燕金,张一扬,李德青,等.文山烟叶主要化学成分与海拔经纬度相关性分析[J].湖南农业科学,2015(11):29-31.
- [64] 杨超,江厚龙,许安定,等.重庆烟区海拔高度对烤烟品质的影响[J].河南农业科学,2013,42(1):43-46.
- [65] 宋鹏飞,马迅,王萝萍,等.纬度和海拔二维因素对云南烟叶化学成分的影响[J].西南农业学报,2018,31(1):68-72.
- [66] 黄韡,查宏波,钱文有,等.昭通烟区海拔高度与烤烟常规化学成分含量相关性分析[J].安徽农学通报,2010,16(3):82-83.
- [67] 王斌,周冀衡,李强,等.曲靖烟区不同海拔对烤烟化学成分及协调性的影响[J].云南农业大学学报,2014,29(2):198-202.
- [68] 王彪,李天福,王树会.海拔高度与烟叶化学成分的相关分析[J].广西农业科学,2006,37(5):537-539.
- [69] 王宇超.海拔高度对烤烟生长发育和品质的影响[D].长沙:湖南农业大学,2011.
- [70] 李洪勋.贵州山地不同微地形烟地环境特征及其对烤烟农艺、生理和品质性状的影响[D].重庆:西南大学,2016.