

闽西北霜期时空变化对烤烟移栽期的影响

杨 希¹, 杨可辉², 卜银军¹, 李仁忠^{1*}

(1.福建省三明市气象局, 福建 三明 365000; 2.福建省烟草公司三明市公司, 福建 三明 365000)

摘要: 利用闽西北 11 个县近 37 年 1—4 月气象数据, 采用现代气候统计诊断方法分析闽西北烤烟移栽期前后霜期时空分布特征和突变趋势, 为合理安排烤烟移栽期提供基本的气候参考。结果表明: (1) 不同区域霜日、不同程度霜冻日均呈现缓慢减少趋势, 西北部霜日明显多于东南部, 3 月上旬仍可能出现大范围霜日; (2) 终霜日呈现缓慢提前趋势, 各县平均终霜日为 2 月 11 日至 3 月 8 日, 均迟于烤烟移栽期。(3) M-K 检验表明, 霜日的长期变化趋势为减少趋势, 虽存在 3 个时段的突变期, 但未改变其减少趋势。综上可知, 霜日减少、终霜日提前为适当提前烤烟移栽期提供了较好的参考依据, 西北部提前移栽期应适当谨慎, 东南部移栽期可适当前移, 但移栽过程中仍应通过地膜覆盖、适度深栽、营养土移栽等方式保护烟株免受霜冻危害。

关键词: 烤烟; 移栽期; 霜; 气候倾向率; Mann-Kendall 检验

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119(2018)02-0025-07

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2018.02.004

Effect of Frost Change on Transplanting Time of Flue-cured Tobacco in Northwest Fujian

YANG Xi¹, YANG Kehui², BU Yinjun¹, LI Renzhong^{1*}

(1. Sanming Meteorological Bureau of Fujian Province, Sanming, Fujian 365000, China; 2. Sanming Tobacco Company of Fujian Province, Sanming, Fujian 365000, China)

Abstract: Using the meteorological data from January to April of 11 counties in northwest Fujian in the past 37 years, temporal and spatial distribution characteristics and change patterns of frost during flue-cured tobacco transplanting period in northwest Fujian were analyzed with the modern climatic statistical diagnostic tools, aiming to provide reference for proper transplanting time of flue-cured tobacco. The results showed that: (1) Frost days in different regions and frost injury days in different degrees showed a slowly decreasing trend, and frost days of northwest were significantly more than southeast, large range of frost may still occur in early March. (2) Last frost date showed a slowly advancing trend, and the average last frost date was between February 11 and March 08, later than flue-cured tobacco transplanting time. (3) M-K test showed that the long-term change trend of frost days was a decreasing trend. Although there were 3 periods of sudden changes, they did not change the decreasing trend. In summary, this work provides a good basis for advancing the transplanting time of flue-cured tobacco properly, based on that frost days are becoming less and last frost date is advancing. The northwest should be appropriately cautious on advancing the transplanting time, while the southeast can advance properly. The tobacco plants however should be protected from frost damage by the way of mulching, moderate deep planting and vegetative soil transplanting.

Keywords: flue-cured tobacco; transplanting time; frost; climate tendency; Mann-Kendall test

烤烟是一种移栽经济作物, 选择合适的移栽期是烤烟种植的一个非常重要的环节, 适宜的移栽期有利于烤烟大田期充分利用气候资源生长发育, 避免遭受霜冻危害, 进而提高烟叶产量和品质^[1-2]。在福建烟区, 移栽期过早易造成烟苗遭遇霜冻危害, 影响烟株生长, 甚至造成早花; 移栽期过迟不仅浪

费春季有效的气候资源, 而且易造成后期高温逼熟, 影响烟叶品质^[3-4]。近年来对烤烟移栽期的研究一般采用某年某地田间小区试验方法, 通过分析不同移栽期的气候资源变化^[5-7], 及其对生长发育生理生化的影响^[8-10], 以烟叶产量、品质和感官评吸质量等方面对比反推最适宜的移栽期^[11-12], 在常年霜期资

作者简介: 杨 希 (1982-), 男, 工程师, 主要从事专业气象服务工作。E-mail: 37314820@qq.com。*通信作者, E-mail: 64929567@qq.com

收稿日期: 2017-12-07

修回日期: 2018-02-14

料对移栽期变化方面的研究较少。气候变暖背景下, 闽西北三明烟区正积极探索适当提前烤烟移栽期, 以期更好地利用气候资源, 提高烟叶产量和品质。本文通过闽西北三明烟区 11 个县近 37 年 1—4 月的气象资料, 采用现代气候统计诊断方法分析烤烟移栽期前后霜期的时空分布特征和突变情况, 以期合理安排烤烟移栽期提供基本的气候参考。

1 材料与方法

1.1 数据

数据资料采用闽西北三明市(以下简称闽西北) 11 个地面观测站(以下称县或站点) 1980—2016 年(以下简称近 37 年) 1—4 月逐日气象观测资料, 包括最低气温、地面 0 cm 最低地温、天气现象 3 个要素。

1.2 标准及定义

满足日最低气温 $\geq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 或者地面 0 cm 日最低地温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 或者观测到霜, 或者观测到结冰 4 个条件之一作为判定霜的标准^[13]。将三明、永安、沙县、尤溪和大田等 5 个站点归为东南部, 将明溪、清流、宁化、将乐、泰宁、建宁等 6 个站点归为西北部。

霜冻是指霜对农作物造成危害影响的一种农业气象灾害, 因受灾程度不同, 有不同的等级划分。本文将最低气温 $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的霜造成的影响定义为轻度霜冻, $-2\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的霜造成的影响定义为中度霜冻, $< -2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的霜造成的影响定义为重度霜冻。将 1~3 个站点同一日出现霜定义为小范围霜日, 4~7 个站点同一日出现霜定义为中范围霜日, 8~11 个站点同一日出现霜定义为大范围霜日。

1.3 方法

1.3.1 气候倾向率 在气候学中, 可以用气象要素的时间序列与自然数数列之间的相关系数(也称趋势系数), 来反映气象要素的长期倾向性变化。该趋势系数是一元线性回归系数 $y(t)=at+b$, 式中 t 为时间序列(单位: a), 趋势变化率为 $dy(t)/dt=a$ 。通常把 $a \times 10$ 作为气候变化倾向率, 单位为 $10a$ 。其参

数采用最小二乘法求得。该趋势系数消去了气象要素的均方差和单位对线性回归系数数值大小的影响, 因此可以比较不同气象要素和不同地区之间的趋势变化程度^[4]。

1.3.2 Man-Kendall 趋势检验 设时间序列数据 (x_1, x_2, \dots, x_n) , 是 n 个独立的、随机变量同分布的样本。定义统计量 S 为:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j)$$

其中, $\text{sign}()$ 为符号函数。当 $x_i - x_j < 0$ 、 $= 0$ 或 > 0 时, $\text{sign}(x_i - x_j)$ 分别为 -1 、 0 或 1 。当 $S > 0$ 、 $= 0$ 、 < 0 时 M-K 统计量公式分别为:

$$\begin{cases} Z = (S - 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S > 0 \\ Z = 0 & S = 0 \\ Z = (S + 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S < 0 \end{cases}$$

Z 为正值表示增加趋势, 负值表示减少趋势。 Z 的绝对值在 1.28、1.64、2.32 时表示分别通过了信度 90%、95%、99% 显著性检验^[14]。

1.3.3 Mann-Kendall 突变检验 设时间序列为 (x_1, x_2, \dots, x_n) , S_k 表示第 i 个样本 $x_i > x_j$ ($1 \leq j < i$) 的累积数, 定义统计量:

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i, r_i = \begin{cases} 1, & x_i > x_j \\ 0, & x_i \leq x_j \end{cases}, (j = 1, 2, \dots, i; k = 1, 2, \dots, n)$$

在时间序列随机独立等假设下, S_k 的均值和方差分别为:

$$\begin{aligned} E[S_k] &= k(k-1)/4 \\ \text{var}[S_k] &= k(k-1)(2k+5)/72 \end{aligned}$$

将 S_k 标准化, 得到

$$UF_k = (S_k - E[S_k]) / \sqrt{\text{var}[S_k]}$$

之后, 将 UF_k 连成一条 UF 曲线, 通过信度检验可得出其是否有明显的变化趋势。把此方法应用到反序列中, 计算得到另一条曲线 UB, 两条曲线的交点为突变点^[14]。

2 结 果

2.1 烤烟移栽期前后霜冻时空分布

2.1.1 烤烟移栽期前后霜冻年变化 近 37 年闽西北烤烟移栽期前后不同区域霜日、不同程度霜冻日年变化均呈现缓慢减少的趋势。由图 1 可知，西北部霜日整体明显多于东南部，但是减少趋势要小于东南部，东南部个别年份霜日为 0，西北部和东南部较多霜日的年份不一定吻合，出现这种现象主要是因为冷空气从西北方向入侵三明，某些年份冷空气不够强时，对西北部影响较大，而对东南部的影

响却很小。闽西北烤烟移栽期前后霜日减少，东南部霜日减少趋势略大于西北部，为调整烤烟移栽期，减少霜冻危害提供了依据。由图 2 可知，不同程度霜冻日减少趋势大体相当，历史上出现多次重度霜冻日为 0 的情况，从整体来看，轻度霜冻日要多于中度和重度霜冻日，但个别年份重度霜冻日超过中度和重度霜冻日，重度霜冻日波动较大，有些年份达到平均数的 3 倍。异常偏多重度霜冻日时有发生，表明闽西北境内偶有超强冷空气活动，可能对植物造成严重的冻害。

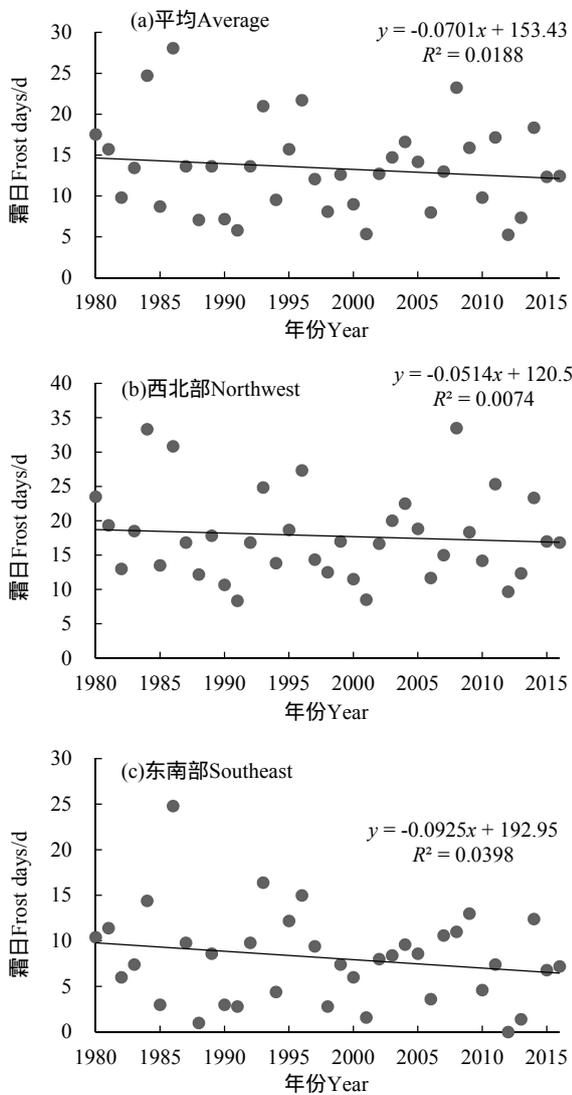


图 1 近 37 年闽西北烤烟移栽期前后霜日年变化
Fig. 1 Changes of frost days during transplanting period of flue-cured tobacco in northwest Fujian in the past 37 years

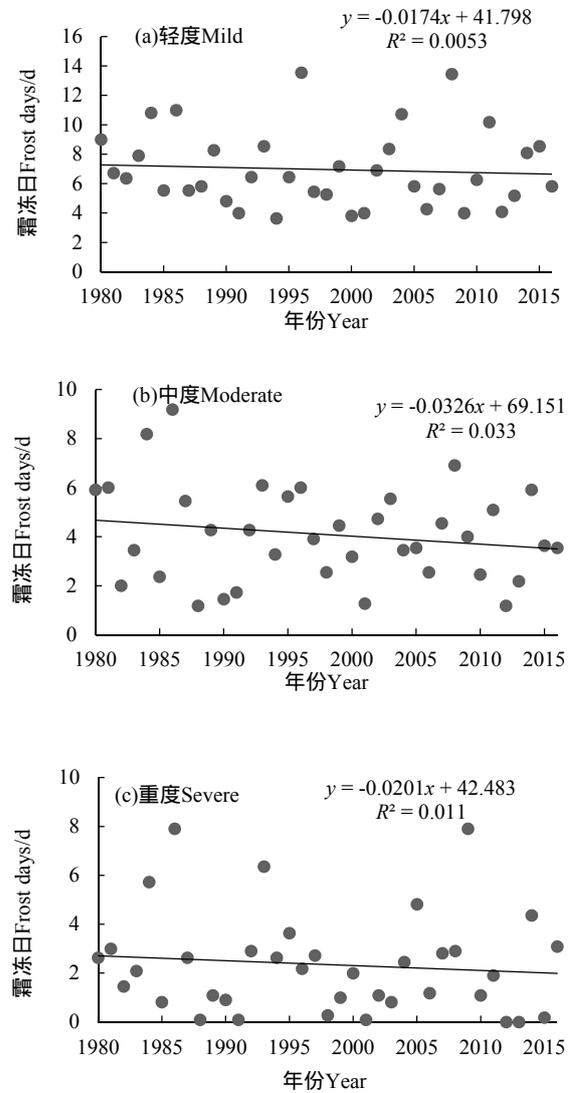


图 2 近 37 年闽西北烤烟移栽期前后不同程度霜冻日年变化
Fig. 2 Changes of frost injury days in different degrees during transplanting period of flue-cured tobacco in northwest Fujian in the past 37 years

2.1.2 烤烟移栽期前后霜日站点分布 由表1可知, 闽西北各旬霜日均表现为西北部多东南部少, 较多的为西北部(除将乐)各个县, 较少的为东南部各县和西北部的将乐。年平均霜日最多为建宁 25.81 d, 最少为三明 6.95 d, 相差近 4 倍。东南部霜日在同 1 旬结束, 而西北部从 3 月下旬至 4 月中旬历时 1 个月才结束, 各站点在霜日结束前 1 旬霜日年均低于 0.1 d, 即近 37 年出现霜日为 1~3 d。东南部霜日峰值在 1 月中旬, 较西北部提前 1 旬。翠碧一号为较耐寒烤烟品种, 抗逆性较强, 受霜冻的影响虽低于 K326、云烟 87 等常规烤烟品种, 但霜冻仍会不同程度地推迟其大田生育期, 移栽期安排在霜日峰值之后较为合理。

2.2 烤烟移栽期前后终霜日时空分布

由图 3 可知, 闽西北烤烟移栽期前后终霜日呈现缓慢提前趋势, 终霜日提前意味着植物幼苗、新梢受到霜冻危害的可能性减小。终霜日变化有一定阶段性, 1983—1996 年和 2003—2010 年终霜日多数年份推迟, 而其余时段终霜日多数年份提前。由表 2 可知, 各县平均终霜日为 2 月 11 日至 3 月 8 日, 东南部各县和西北部的将乐平均终霜日分布在 2 月中旬, 西北部其余各县平均终霜日分布在 3 月上旬, 相差近 2 旬。各站点最迟终霜日比平均终霜日迟 1 个月左右, 最早终霜日和最迟终霜日之间跨度为 2~4 个月, 可见全球变暖背景下气候仍有较大的波动性。部分县最早终霜日、最迟终霜日时间一

表 1 闽西北各站点逐旬平均霜日

Table 1 Annual average frost days per ten-day of each station in northwest Fujian d

站点 Station	1月 Jan.			2月 Feb.			3月 Mar.			4月 Apr.
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬
	First ten-day	Middle ten-day	Last ten-day	First ten-day	Middle ten-day	Last ten-day	First ten-day	Middle ten-day	Last ten-day	First ten-day
三明 Sanming	1.41	1.59	1.54	1.30	0.35	0.27	0.43	0.05	—	—
永安 Yong'an	1.78	1.84	1.62	1.27	0.41	0.35	0.46	0.03	—	—
沙县 Shaxian	1.73	1.97	1.76	1.41	0.49	0.32	0.51	0.03	—	—
尤溪 Youxi	2.03	1.95	1.81	1.41	0.46	0.30	0.65	0.05	—	—
大田 Datian	1.97	2.11	1.73	1.51	0.57	0.41	0.68	0.03	—	—
明溪 Mingxi	3.05	3.32	2.97	2.41	1.24	0.62	1.41	0.16	0.11	0.03
清流 Qingliu	3.38	3.32	3.41	2.78	1.38	0.62	1.16	0.16	0.08	—
宁化 Ninghua	3.78	3.73	3.92	3.16	1.70	0.78	1.35	0.30	0.19	0.03
将乐 Jiangle	1.89	2.05	2.05	1.43	0.49	0.27	0.62	0.05	—	—
建宁 Jianning	4.51	5.03	5.27	4.41	2.59	1.51	1.86	0.35	0.22	0.05
泰宁 Taining	4.03	4.24	4.62	3.35	1.97	1.16	1.73	0.24	0.14	0.03

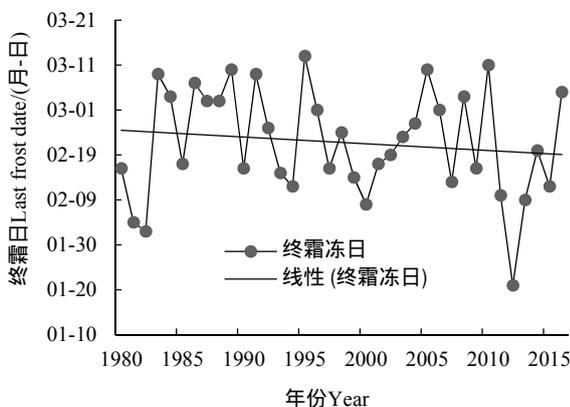


图 3 近 37 年闽西北烤烟移栽期前后终霜日年变化

Fig. 3 Changes of last frost date during transplanting period of flue-cured tobacco in northwest Fujian in the past 37 years

表 2 闽西北各站点终霜日日期

Table 2 Last frost dates of each station in northwest Fujian

序号 No.	站点 Station	平均终霜日 Average last frost date	最早终霜日 Earliest last frost date	最迟终霜日 Latest last frost date
1	三明 Sanming	02-11	2012-12-31	2009-03-15
2	永安 Yong'an	02-12	2012-12-31	2010-03-11
3	沙县 Shaxian	02-13	2012-12-31	2010-03-11
4	尤溪 Youxi	02-13	1988-12-19	2003-03-11
5	大田 Datian	02-16	2012-12-31	2010-03-11
6	明溪 Mingxi	03-04	2012-02-01	1991-04-01
7	清流 Qingliu	03-01	2007-02-05	2016-03-28
8	宁化 Ninghua	03-06	2000-02-08	1991-04-01
9	将乐 Jiangle	02-14	1981-01-19	1983-03-18
10	建宁 Jianning	03-08	2007-02-06	1996-04-04
11	泰宁 Taining	03-05	2009-01-27	1991-04-01

致也说明极端天气过程对三明的影响有比较明显的地域特点，与各县的移栽期能较好地对应。闽西北各县翠碧一号每年 1 月下旬至 2 月上旬移栽，移栽期在平均终霜日之前，应通过有效的移栽方式来避免冻害。

2.3 烤烟移栽期前后区域范围霜日变化

由表 3 可知，闽西北 1—4 月小范围霜日、中范围霜日和大范围霜日分别为 10.14、8.92 和 8.22 d，不同范围霜日相差不大。小范围和中范围霜日 1 月下旬发生最多，比大范围霜日推迟 1 旬，峰值过后除个别旬外均呈现逐旬递减的趋势。区域范围霜日的变化特点为 1 月上旬、中旬大范围霜日占主导，1 月下旬和 2 月上旬中范围霜日发生次数最多，2 月下旬过后主要是小范围霜日，阶段性主导明显。值得关注的是 3 月上旬大范围霜日仍有 0.57 d，烤烟移栽前应多关注当地中长期天气预报，尽可能减少冻害造成的损失。

表 3 闽西北逐旬区域范围霜日

Table 3 Frost days per ten-day in different regional range in northwest Fujian d

月份	旬	小范围	中范围	大范围
Month	Ten-day	Small area	Medium area	Large area
1 月 Jan.	上旬	1.38	1.70	1.76
	中旬	1.81	1.46	2.00
	下旬	1.84	1.97	1.65
2 月 Feb.	上旬	1.57	1.59	1.35
	中旬	1.30	0.92	0.51
	下旬	1.05	0.30	0.35
3 月 Mar.	上旬	0.78	0.73	0.57
	中旬	0.22	0.14	0.03
	下旬	0.16	0.11	—
4 月 Apr.	上旬	0.03	—	—
合计 Total		10.14	8.92	8.22

2.4 Man-Kendall 检验

从图 4 闽西北烤烟移栽期前后霜日的 M-K 检验结果 UF 曲线来看，仅 1986 年在零线以上，1984 年、1987 年和 2011 年在零线上，其他年份均在零线以下，这说明闽西北地区移栽期前后霜日长期保持减少趋势，1981—1983 年、1990—1994 年、2000—2003 年减少势头明显，其中 1991 年突破 0.05 显著性水平，前期存在每 10 年 1 次快速减少趋势

的准周期，2010 年之后无此特点。从 UF 和 UB 曲线相交的情况来看，闽西北地区移栽期前后霜日变化趋势在 1985—1988 年、1996—1998 年、2008—2016 年发生了突变，前 2 次突变在 3~4 年完成，最后 1 次突变时间跨度较长，目前仍处于最后一次突变期，变化趋势尚不确定。

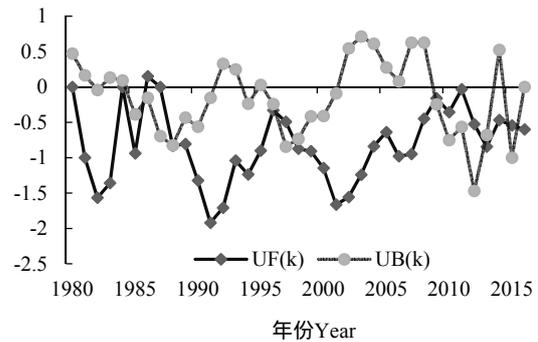


图 4 闽西北烤烟移栽期前后霜日的 M-K 检验结果
Fig. 4 M-K test results of frost days during transplanting period of flue-cured tobacco in northwest Fujian

3 讨论

随着全球气候变暖，各地纷纷开展气候变化对烤烟移栽期、种植布局、风险区划和产业可持续发展的研究^[4,15-17]，闽西北三明烟区也正致力于更好地安排烤烟生长期的研究。翠碧一号是三明烟区主栽的特色品种，该品种为早春烟品种，较为耐寒，一般在 1 月下旬至 2 月上旬移栽，6 月底至 7 月初采摘结束。翠碧一号生长期均可能受到气象灾害的严重影响，即前期可能遭受冻害，后期可能受到高温和水灾的影响，这些都可能大面积的影响烟叶的产量和质量。研究闽西北霜期的时空变化特征，适当提前移栽期，从而整体提前生育期，减少烤烟成熟期受到高温逼熟和水淹危害的几率，就成为合理利用气候资源的关键。

闽西北地区烤烟移栽期前后不同区域霜日、不同程度霜冻日减少以及终霜日提前，都较好地反应了全球气候变暖的影响。霜日减少使得烤烟可能受到霜冻危害的几率减少，终霜日提前使得移栽后烤烟植株长出覆膜时被霜冻坏的风险降低，这些都为适当提前烤烟移栽期提供了较好的参考依据。本文

根据三明的气候特点分区分析了霜期变化,西北部各县(除将乐)之间霜日差别不大,东南部各县之间霜日也比较接近,这也较好地验证霜的区域分布特点。冷空气通常从西北方向入侵三明烟区,造成西北部大部分县霜日要明显多于东南部;而另一方面气候变暖大背景下,冷空气整体强度有所减弱,受地理位置影响,西北部霜日减少要略少于东南部。故西北部的明溪、清流、宁化、建宁和泰宁提早翠碧一号移栽期应适当谨慎,西北部的将乐和东南部的三明、永安、沙县、尤溪、大田翠碧一号移栽期可适当前移。烤烟移栽期虽以轻度霜冻为主,但偶有重度霜冻出现,且移栽期在平均终霜日之前,通过地膜覆盖、适度深栽、营养土移栽等方式保护烟株免受霜冻危害很有必要^[18-20]。大范围霜日在3月上旬仍大于0.5 d,即每2年就会出现一次,这也从另一方面说明即使到了3月上旬,闽西北地区也有较强冷空气活动影响,而此时烤烟植株已经长出覆膜一定高度,霜可能大面积冻伤烤烟植株,造成无法补救的后果,这也是移栽期不能过度提前的主要原因之一。因此每年移栽时除了要关注当地中长期天气预报外,还应采取规范落实移栽技术、加强栽后追肥、培土等措施作为保障,促进烟株根系生长,提高烟株抗逆性。M-K检验也表明,闽西北烤烟移栽期前后霜日变化趋势为减少趋势,目前正处于突变阶段,气候变化总是以一定周期交替出现的,今后的变化趋势可能会改变或逆转。因此后续更应加强跟踪研究,找出长期的变化趋势和短期的突变特征,才能更好的为闽西北地区确定最合适的烤烟移栽期提供强有力的科技支撑。

4 结 论

综合闽西北地区烤烟移栽期前后不同区域霜日、不同程度霜冻日、终霜日等变化趋势,以及不同范围霜日的分布情况和M-K检验结果,表明霜对烤烟的影响在减小,这为适当提前烤烟移栽期提供了较好的气象科技支撑,西北部提前移栽期应适当谨慎,东南部移栽期可适当前移,但移栽过程中应通过地膜覆盖、适度深栽、营养土移栽等方式保

护烟株免受冻害。由于气候的波动性,每年移栽期也会有所变动,应结合当地气象部门短期、中长期天气预报才能确定更加合适的移栽期。本研究仅从霜期和霜冻变化的角度讨论提前移栽期的可靠性,未考虑提前烤烟生育期相应的气温、光照、降水和湿度等气象要素对烤烟产量、品质等的影响,这些有待于下一步深入研究。

参考文献

- [1] 向德恩,时鹏,申国明,等. 不同移栽期对恩施烤烟产量和质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(S1): 57-62.
XIANG D E, SHI P, SHEN G M, et al. Effects of transplanting time on yield and quality of flue-cured tobacco in Enshi[J]. Chinese Tobacco Science, 2011, 32(S1): 57-62.
- [2] 王平平,张喜峰,陈明山,等. 不同移栽期对秦烟96产量和品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(4): 28-33.
WANG P P, ZHANG X F, CHEN M S, et al. Effects of transplanting dates on yield and chemical quality of Qinyan 96[J]. Chinese Tobacco Science, 2014, 35(4): 28-33.
- [3] 林祥永,谢凤标,廖衍昌,等. 闽西烟区红花大金元适宜移栽期研究[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(5): 47-52.
LIN X Y, XIE F B, LIAO Y C, et al. Study on the suitable transplanting time of flue-cured tobacco variety Honghuadajinyuan in western areas of Fujian[J]. Chinese Tobacco Science, 2015, 36(5): 47-52.
- [4] 邱雪柏,尹鹏达,陈伟,等. 近51年遵义县气候变化对烤烟移栽期的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(4): 36-41.
QIU X B, YIN P D, CHEN W, et al. Effect of climate change on transplanting time of flue-cured tobacco in Zunyi county during 51 years[J]. Chinese Tobacco Science, 2013, 34(4): 36-41.
- [5] 杨园园,史宏志,杨军杰,等. 基于移栽期的气候指标对烟叶品质风格的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(6): 21-26.
YANG Y Y, SHI H Z, YANG J J, et al. Effect of climate indices based on different transplanting date on tobacco quality and style[J]. Chinese Tobacco Science, 2014, 35(6): 21-26.
- [6] 杨园园,杨军杰,史宏志,等. 浓香型产区不同移栽期气候配置及对烟叶质量特色的影响[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(2): 40-52.
YANG Y Y, YANG J J, SHI H Z, et al. Effect of climate conditions during transplanting on quality of strong-flavored leaf tobacco[J]. Acta Tabacaria Sinica,

- 2015, 21(2): 40-52.
- [7] 庄杰鹏. 不同移栽期对应气候因子对烤烟生长及品质形成的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.
ZHUANG J P. Effects of climatic factors for different transplanting time on growth and quality of flue-cured tobacco[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015.
- [8] 张喜峰, 张立新, 高梅, 等. 不同移栽期对陕南烤烟氮钾含量、光合特性及经济性状的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(4): 20-24.
ZHANG X F, ZHANG L X, GAO M, et al. Effect of different transplanting time on nitrogen and potassium contents, photosynthetic characteristics and economic traits of flue-cured tobacco in southern Shaanxi province[J]. Chinese Tobacco Science, 2013, 34(4): 20-24.
- [9] 李文卿, 陈顺辉, 柯玉琴, 等. 不同移栽期对烤烟生长发育及质量风格的影响[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(4): 48-54.
LI W Q, CHEN S H, KE Y Q, et al. Effects of transplanting time on growth and quality of flue-cured tobacco[J]. Acta Tabacaria Sinica. 2013, 19(4): 48-54.
- [10] 王寒, 陈建军, 林锐峰, 等. 粤北地区移栽期对烤烟成熟期生理生化指标和经济性状的影响[J]. 中国烟草学报, 2013(6): 71-77.
WANG H, CHEN J J, LIN Y F, et al. Effects of transplanting date on several physiological and biochemical indexes at maturation stage and economic trait of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2013(6): 71-77.
- [11] 刘青丽, 张云贵, 徐艳丽, 等. 移栽期、施肥和品种对烤烟清香型风格的影响[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(2): 1-7.
LIU Q L, ZHANG Y G, XU Y L, et al. The cooperative regulation of transplanting date, fertilization and varieties on Fen Flavor of flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2017, 38(2): 1-7.
- [12] 齐飞, 刘国顺, 史宏志, 等. 移栽期对烤烟化学成分及成熟烟叶组织结构的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(3): 37-41.
QI F, LIU G S, SHI H Z, et al. Effects of transplanting timing on chemical elements and the ripe tissues of lamina in flue-cured tobacco[J]. Acta Tabacaria Sinica. 2011, 17(3): 37-41.
- [13] 吴幸毓, 林毅, 陈文键, 等. 福建霜冻时空分布特征及环流背景分析[J]. 大气科学学报, 2016, 39(4): 501-509.
WU X Y, LIN Y, CHEN W J, et al. Temporal and spatial distribution characteristics of frost injury in Fujian and its circulation background[J]. Transactions of Atmospheric Sciences, 2016, 39(4): 501-509.
- [14] 王成翔, 苏志玲, 蒋永成, 等. 基于 Mann-Kendall 法在 Excel 中的三明市区灾害分析[J]. 青海气象, 2017(3): 80-83.
WANG C X, SU Z L, JIANG Y C, et al. Hazard analysis of Sanming in excel based on Mann-Kendall method[J]. Journal of Qinghai Meteorology, 2017(3): 80-83.
- [15] 胡雪琼, 徐梦莹, 何雨芬, 等. 未来气候变化对云南烤烟种植气候适宜性的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1241-1247.
HU X Q, XU M Y, HE Y Q, et al. Effects of future climate change on climatic suitability of flue-cured tobacco plantation in Yunnan, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(4): 1241-1247.
- [16] 杨仕贤, 张好艳, 张春红, 等. 气候变化对新安烤烟种植的影响及对策[J]. 现代农业科技, 2010, 2010(14): 276-277.
YANG S X, ZHANG H Y, ZHANG C H, et al. Effect and countermeasure of climate change on tobacco planting in Xin'an[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010, 2010(14): 276-277.
- [17] 孟丹, 陈正洪, 李建平, 等. 气候变化背景下鄂西烟草种植气象风险评价与区划[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(4): 50-55.
MENG D, CHEN Z H, LI J P, et al. Meteorological risk assessment and tobacco planting regionalization in western Hubei under the background of climate change[J]. Chinese Tobacco Science, 2015, 36(4): 50-55.
- [18] 王发勇, 袁清华, 廖宜树, 等. 栽培措施对烤烟生育进程的影响研究进展[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(2): 89-94.
WANG F Y, YUAN Q H, LIAO Y S, et al. Research progress on the effects of cultivating measures on flue-cured tobacco developmental process[J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(2): 89-94.
- [19] 李文卿, 陈顺辉, 林晓路. 不同覆膜移栽方式对烤烟生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(7): 138-142.
LI W Q, CHEN S H, LIN X L. Effects of different methods of transplanting with film mulching on flue-cured tobacco growth[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(7): 138-142.
- [20] 王雪仁, 黄一兰, 姜占省, 等. 不同移栽深度对烤烟翠碧一号生长及抗逆性的影响[J]. 安徽农业科学, 2014(12): 3504-3506.
WANG X R, HUANG Y L, JIANG Z S, et al. Effects of different transplanting depth on growth and stress resistance of flue-cured tobacco[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014(12): 3504-3506.