

基于 KZ 滤波法隰县气象要素趋势分析

王荔¹, 张亚飞², 王振³, 刘福新¹, 刘吉勤⁴ (1. 山西省隰县气象局, 山西隰县 041300; 2. 山东省泗水县气象局, 山东泗水 273200; 3. 常州环境监测中心, 江苏常州 213011; 4. 山西省吉县气象局, 山西吉县 042200)

摘要 通过对 1960—2017 年隰县气象五参数进行统计分析, 隰县四季分明, 气温冬季较低、夏季较高; 气压冬季较高、夏季较低; 降水季节分明, 夏季降水较多、冬季较少; 而日照时数夏季较长、秋冬季较短。隰县气温年均值逐年上升, 降水和日照时数年均值逐年下降; 气压存在一个“阶梯”式上升过程, 而相对湿度年际变化不明显。运用 KZ 滤波方法, 得出隰县气温逐年上升, 上升速率为 0.027 2 °C/a; 降水量逐年减少, 速率为 -0.003 42 mm/a; 日照时数逐年减少, 速率为 -0.020 1 h/a。

关键词 气象要素; 统计分析; 变化趋势; KZ 滤波法; 隰县

中图分类号 S161.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)03-0215-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.03.062

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Trend Analysis of Meteorological Elements in Xixian County Based on KZ Filtering Method

WANG Li¹, ZHANG Ya-fei², WANG Zhen³ et al (1. Xixian County Meteorological Bureau, Xixian, Shanxi 041300; 2. Sishui County Meteorological Bureau, Sishui, Shandong 273200; 3. Changzhou Environmental Monitoring Center, Changzhou, Jiangsu 213011)

Abstract Through the statistical analysis of the five meteorological parameters of Xixian County from 1960 to 2017, the results showed that: Xixian is a county with four distinctive seasons, and the temperature is lower in winter while higher in summer; the air pressure is higher in winter and lower in summer; the precipitation season is distinct with more precipitation in summer and less in winter; the daily sunshine duration is longer in summer and shorter in winter or autumn. The average temperatures of Xixian County showed ascending trend year by year, the annual precipitation and daily sunshine duration showed descending trend; the air pressure increasing with a stair-like process characteristics, while the interannual variation of relative humidity was not obvious. Using KZ-Filtering method, the temperature in Xixian County increased year by year, the rate of increase was 0.027 2 °C/a; the precipitation decreased year by year, the rate was -0.003 42 mm/a; the sunshine duration decreased year by year, and the rate was -0.020 1 h/a.

Key words Meteorological elements; Statistical analysis; Change trend; KZ-Filtering method; Xixian County

隰县位于山西省西南部(110°57'E、36°42'N), 属暖温带大陆性季风气候, 四季分明, 海拔 1 053 m, 因海拔高度差悬殊, 气候垂直分带较为明显。隰县属典型的黄土高原残垣沟壑区, 以山地、丘陵为主, 地表水十分缺乏, 是以旱作农业为主的山区农业县, 沟坝地闻名全国。

多年以来, 我国许多学者对全国各地的气象要素特征进行了分析, 我国近百年来的气温变化呈增长趋势, 根据 IPCC 第四次评估报告指出, 全球地面气温近百年来上升了 0.74 °C^[1]。全球变暖已引起世界各国专家学者和政府的高度重视。我国降水量总体呈下降变化趋势^[2-3], 近 50 年全国日照时数有明显下降趋势^[4]。针对山西临汾地区的气温和降水量变化趋势, 王文义等^[5]分析了近 54 年临汾市气温变化特征, 结果表明, 近年来临汾平均气温明显上升, 尤其春、冬季升温显著; 王巧霞等^[6]根据临汾气候观测资料分析了其气温和降水的变化特征; 郝智文等^[7]分析近 50 年山西省日照时数变化趋势得出其日照时数呈减少趋势。自然环境与人类的生活息息相关, 气温、相对湿度、气压、日照时数、降水量等气象因素与大气环境、农业生产有着较强的相关性。隰县是农业大县, 也是国家级重点扶贫开发县, 土特产“玉露香”梨闻名全省, 是全县脱贫攻坚的主要农作物, 因此研究其气象因素变化序列趋势有着重要的指导作用。笔者利用 KZ-filter 过滤器^[8-9]对隰县近 58 年的气压、气温、降水量、日照时数、相对湿度进行了分析, 以期县级预报服务提供基

础依据, 同时为隰县的农业生产建设和植被结构的调整起到关键性的作用。

1 资料与方法

1.1 气象资料的来源 所用数据为 1960—2017 年的气象因素, 其日平均温度、日降雨量、日平均相对湿度、日平均气压和日照时数由隰县气象局提供, 其年、季气象资料均由日、月气象资料计算所得。季节的划分: 春季为 3—5 月, 夏季为 6—8 月, 秋季为 9—11 月, 冬季为 12 月—次年 2 月。

1.2 分析方法 周期性是天气过程变化的重要特征之一^[10]。基本气象参数的时间变化序列是由许多高频部分和低频部分所组成, 这些部分所对应的时间尺度和物理过程各不相同。为了研究隰县气象基本参数的趋势, 而分离不同频率(周期)获得低频率(大周期)时间序列以研究其变化趋势。KZ(m, p)过滤器^[8-9]由于其强大的分离、处理不连续数据的能力以及简便的数学处理方法被许多学者所采用和认可。

KZ(m, p)过滤器基本定义是对气象数据进行特定长度的滑动平均, 并且将这个过程的 y_i 作为下次输入, 然后重复 p 次数为止, 直到需要的频率均被分离出来。其计算公式如下:

$$y_i = \frac{1}{m} \sum_{j=i-k}^k x_{i+j} \quad (1)$$

其中, m 为过滤窗长度, $m = 2k + 1$, 即为此次平均所需的数据个数; p 为所需要重复这类滑动平均的次数。 m 和 p 可以确定出要过滤出小于 N 天的周期段, 然后将小于 N 天的周期因素除去, 便可以得到气象参数时间序列大于 N 天的主要趋

作者简介 王荔(1990—), 女, 山西隰县人, 工程师, 硕士, 从事大气环境研究。

收稿日期 2019-08-27; **修回日期** 2019-09-06

势,即变化趋势:

$$N \geq m \times \sqrt{p} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 隰县基本气象变化 从表1可看出,1960—2017年隰县平均气温为9.4℃,春季、夏季、秋季、冬季日平均气温分别为10.7、21.6、9.3、-4.4℃。气温最高月份发生在7月,为22.6℃,最低月份发生在1月,为-6.1℃。近58年来隰县月平均气温呈现倒“U”型,冬季年平均气温均在0℃以下,

夏季气温最高,具有四季分明的特征。近58年来气温年均值随年份增长而增加(图1a),增长速率为0.0259℃/a。

1960—2017年隰县日平均降雨量为1.4mm,春季、夏季、秋季、冬季日平均降雨量分别为0.9、3.1、1.5、0.2mm。最多日平均降雨量发生在7月,最少月份发生在1和12月,表明隰县具有降水分明的季节。近58年来隰县月平均降雨量呈现倒“U”型。近58年来降水年均值随年份增长而减少,速率为-0.0036mm/a(图1b)。

表1 1960—2017年隰县各气象要素月均值以及四季均值

Table 1 The monthly mean and seasons mean value of meteorological elements in Xixian County from 1960 to 2017

月份 Month	日平均气温 Daily average temperature/℃	日平均气压 Daily average pressure/hPa	日日照时数 Daily sunshine hours/h	日平均湿度 Daily average humidity/%	日平均降雨量 Daily average rainfall/mm
1	-6.1	896.3	6.4	50.4	0.1
2	-2.4	894.4	6.3	49.7	0.3
3	3.9	892.1	6.8	69.4	0.4
4	11.2	889.4	7.7	45.5	0.9
5	17.0	887.6	8.5	48.0	1.2
6	21.1	884.7	8.5	54.3	1.9
7	22.6	883.6	7.6	68.7	4.0
8	21.1	886.8	7.3	71.3	3.4
9	15.9	891.8	6.4	47.8	2.7
10	9.8	895.7	6.5	64.1	1.3
11	2.2	896.9	6.3	57.7	0.6
12	-4.4	897.3	6.3	53.0	0.1
春季 Spring	10.7	889.7	7.6	54.2	0.9
夏季 Summer	21.6	885.0	7.8	64.9	3.1
秋季 Autumn	9.3	894.8	6.4	56.6	1.5
冬季 Winter	-4.4	896.0	6.4	51.1	0.2
年平均 Annual average	9.4	891.4	7.0	56.7	1.4

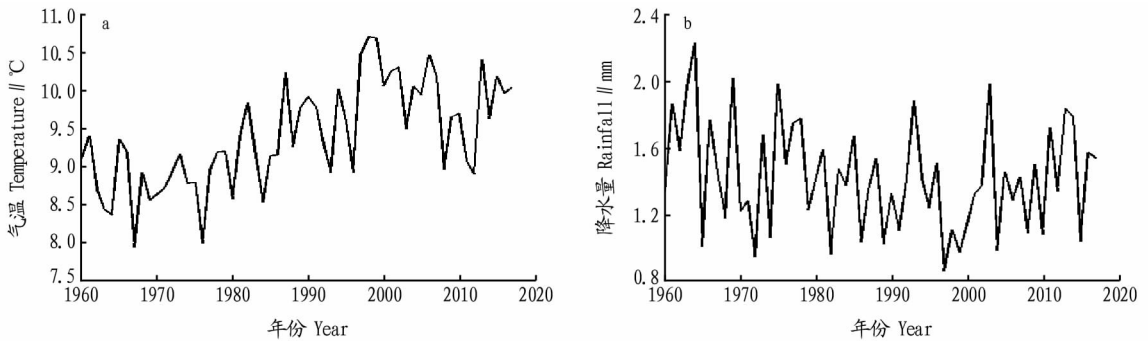


图1 1960—2017年隰县气温(a)和降水量(b)年际变化

Fig. 1 Interannual variation of temperature (a) and rainfall (b) in Xixian County from 1960 to 2017

1960—2017年隰县平均日日照时数为7.0h,春季、夏季、秋季、冬季日日照时数分别为7.6、7.8、6.4、6.4h。隰县月平均日照时数呈现倒“U”型。日照时数年均值随年份增长而减少,速率为-0.0202h/a(图2)。而年日照总时数也随着年份的增加而减少,速率约为-7.37h/a。对隰县1960—2017年每日日照时数大于6h天数所占全年天数百分比进行统计,占比基本上大于60%(图2b),表明隰县地区太阳能稳定^[11-12],有利于农作的生长以及太阳能的开发。

1960—2017年隰县日平均气压为891.4hPa,春季、夏季、秋季、冬季日平均气压分别为889.7、885.0、894.8、896.0hPa。气压最高月份发生在12月,为897.3hPa,最低月份发生在7

月,为883.6hPa。隰县气压与气温呈现负相关,即气温越高,气压就相对低。近58年月平均气压呈现“U”型。

1960—2017年隰县平均相对湿度为56.7%,春季、夏季、秋季、冬季平均相对湿度分别为54.2%、64.9%、56.6%、51.1%。最高平均相对湿度发生在8月,最低月份发生在4月。月平均湿度规律性不明显,但夏季湿度稍高,冬季稍低。

2.2 隰县气象要素序列分析 为了分析隰县各气象要素日均值的变化趋势,采用KZ(m,p)滤波以除去高频分量。大气周期主要是由于大气内部的动力机制产生的。为了获得各气象要素年际变化趋势必须去除低于海气相互作用的周期振荡^[13],因此选用KZ(365,3)作为滤波函数。

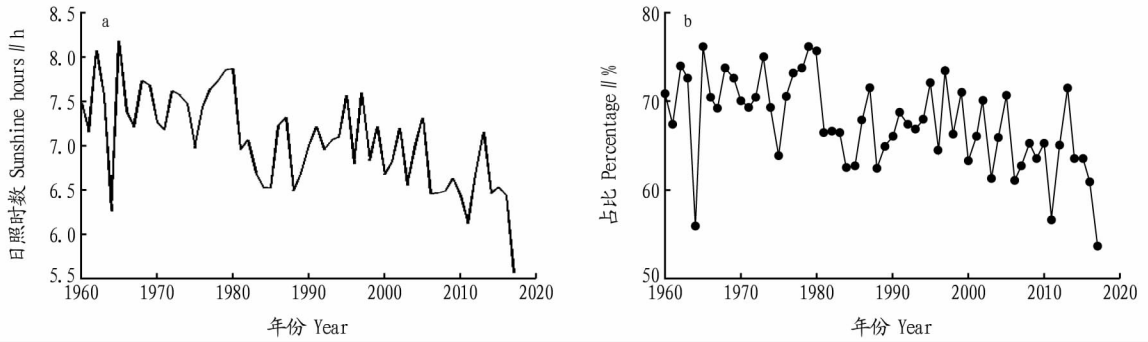


图 2 1960—2017 年隰县日日照时数 (a) 和日日照时数大于 6 h 占比 (b) 年际变化

Fig. 2 Interannual changes of daily sunshine hours (a) and percentages of daily sunshine hours greater than 6 h (b) in Xixian County from 1960 to 2017

从气温、日照时数和降水量长程滤波(图 3)可以看出,气温随日期逐渐上升,而日照时数逐渐减少,降水量也呈现负增长。其中气温年增长率约为 $0.0272\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$,与气温年均值增长速率近似相等。日照时数年增长率约为 $-0.0201\text{ h}/\text{a}$,与日照时数年均值增长速率近似相等。降水量的年增长率约为 $-0.00342\text{ mm}/\text{a}$,在全球气候变化的大背景下,近 58 年来隰县气温也逐渐发生了变化,气温表现出升高的趋势,这与其他的调查结果相一致^[14]。冬季气温年增长率为

$0.0266\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$,而非冬季气温年增长率为 $0.0274\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$,表明隰县非冬季气温增长率大于冬季,而通过更为具体的季节划分,夏季气温年增长率最大。对于日照时数增长率,冬季年增长率约为 $-0.0200\text{ h}/\text{a}$,非冬季年增长率约为 $-0.0202\text{ h}/\text{a}$,日照时数减小速率非冬季大于冬季。对于降水量增长率,冬季年增长率约为 $-0.00351\text{ mm}/\text{a}$,非冬季年增长率约为 $-0.00340\text{ mm}/\text{a}$,具体表现为冬季降水量减少更多,这也与其他的调查结果相一致^[15]。

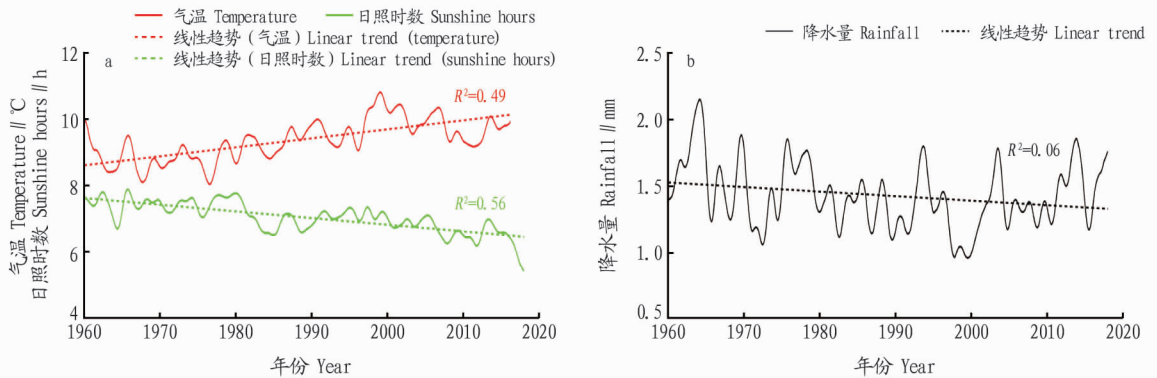


图 3 1960—2017 年隰县气温、日照时数和降水量趋势分析

Fig. 3 Trend analysis of temperature, sunshine hours and rainfall in Xixian County from 1960 to 2017

从气压和相对湿度长程滤波(图 4)可以看出,隰县气压时间序列在 1980—1982 年有一个“阶梯”式增长,而气压未滤波的原始时间序列 1980—1982 年也出现“阶梯”式增长,

具体原因不明。但“阶梯”式增长的左右区间的滤波趋势结果并没有显著的变化。而相对湿度也是如此,1960—2017 年没有显著变化。

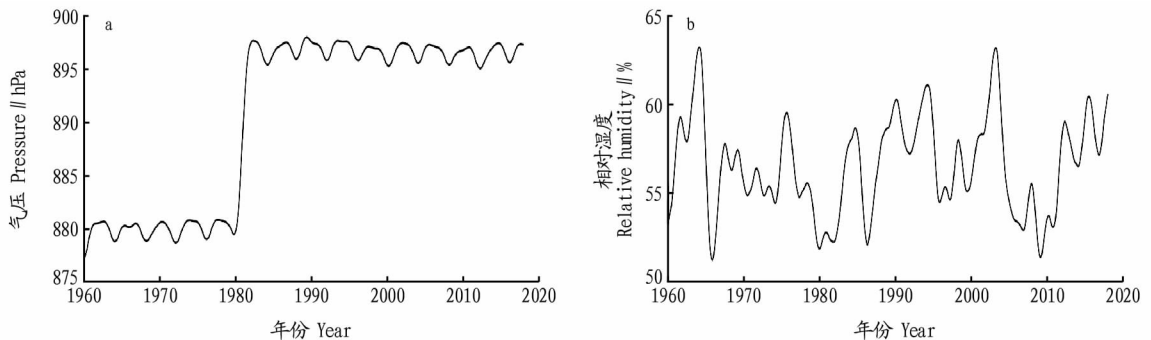


图 4 1960—2017 年隰县气压 (a) 和相对湿度 (b) 趋势分析

Fig. 4 Trend analysis of pressure (a) and relative humidity (b) in Xixian County from 1960 to 2017

通过上面分析可以发现,气温、日照时数和降水量的 KZ (365,3)速率增长结果分别与其年均值速率增长结果近似相等,而气压和相对湿度无显著变化趋势。这也说明了通过 KZ 滤波消除了高频等因素,只保留了能够反映主趋势的因素。

3 结论

(1) 隰县气温冬季较低、夏季较高;气压冬季较高、夏季较低;隰县降水季节分明,夏季降水较多、冬季较少;而日日日照时数夏季较长,秋冬季较短;而相对湿度季节变化不明显。

(2) 近 58 年隰县气温年均值逐年上升,降水和日日日照时数年均值逐年减少。

(3) KZ 滤波方法得出,近 58 年来隰县气温逐年上升,上升速率为 $0.0272\text{ }^{\circ}\text{C/a}$;降水量逐年减少,速率为 -0.00342 mm/a ;日日日照时数逐年减少,速率为 -0.0201 h/a 。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2007 synthesis report [R]. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 闵岫,钱永甫. 我国近 40 年各类降水事件的变化趋势[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2008, 47(3): 105-111.
- [3] 王英,曹明奎,陶波,等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 1031-1041.

(上接第 208 页)

料淋洗,且土壤表面蒸发量大,导致产量及水肥利用效率较低^[9]。喷灌技术在苜蓿种植中也有广泛应用^[10],喷灌技术与大水漫灌相比更能达到一定的节水目的,但在河西地区光照强度大,蒸散作用强烈,喷灌量较小,大部分喷灌水植物来不及吸收利用已被蒸散掉,在一定程度上也浪费大量的水资源。浅埋式滴灌灌水技术是地下滴灌的一种,是将滴灌带等间距埋设地表 $10\sim 12\text{ cm}$ 以下土层,水分通过滴头直接作用于作物根系土壤,这种灌水方法与喷灌、大水漫灌相比能够有效降低表层土壤水分的蒸发,对于提高灌溉水利用效率和苜蓿产量具有重要意义^[11];该技术将滴灌带埋设于地表以下,较喷灌和畦灌等灌溉方式更有利于机械化操作^[12-14]。在干旱地区大面积种植紫花苜蓿推广浅埋式滴灌技术意义重大。

参考文献

- [1] 李振松,高茜,徐洪雨,等. 灌溉制度对科尔沁沙地紫花苜蓿生产性能的影响[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 389-396.
- [2] 王琦,张恩和,龙瑞军,等. 不同灌溉方式对紫花苜蓿生长性能及水分

- [4] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [5] 王文义,缪启龙,段春峰. 近 54 年临汾市气温变化特征[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(26): 12613-12615, 12653.
- [6] 王巧霞,史海平,孙悦. 临汾市近 48 年气候变化规律研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2003, 17(4): 88-92.
- [7] 郝智文,范晓辉,朱小琪,等. 山西省近 50 年日照时数变化趋势分析[J]. 生态环境学报, 2009, 18(3): 1807-1811.
- [8] RAO S T, ZURBENKO I G, NEAGU R, et al. Space and time scales in ambient ozone data[J]. Bulletin of the American meteorological society, 1997, 78(10): 2153-2166.
- [9] ZURBENKO I, PORTER P S, RAO S T. Detecting discontinuities in time series of upper air data: Demonstration of an adaptive filter technique[J]. J Climate, 1996, 9: 3548-3560.
- [10] LIN M Y, HOROWITZ L W, OLTMANS S J, et al. Tropospheric ozone trends at Manna Loa Observatory tied to decadal climate variability[J]. Nat Geosci, 2014, 7: 136-143.
- [11] ESKRIDGE R E, KU J Y, RAO S T, et al. Separating different scales of motion in time series of meteorological variables[J]. Bulletin of the American meteorological society, 1997, 78: 1473-1483.
- [12] 陈隆勋,周秀骥,李维亮,等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.
- [13] 林学椿,于淑秋,唐国利. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学, 1995, 19(5): 525-534.
- [14] 郭洁,李国平. 川渝地区大气可降水量的气候特征以及与地面水汽量的关系[J]. 自然资源学报, 2009, 24(2): 344-350.
- [15] 苏超群. 近 53 年新兴县降水气候变化特征统计[J]. 气候研究与应用, 2012, 33(S1): 99-101.

- 利用效率的影响[J]. 草业科学, 2006, 23(9): 75-78.
- [3] 崔海霞. 紫花苜蓿种植技术[J]. 天津农林科技, 2017(3): 17-18.
- [4] 秦立华,刘会娟,张彦强,等. 一种浅埋式滴灌铺设装置: CN201721018817.7[P]. 2018-03-02.
- [5] 王金魁,马铁成,沈涌,等. 可调式浅埋滴灌带铺设装置: CN201520426894.0[P]. 2015-11-11.
- [6] 周瑞,刘莉莉. 西吉县退耕还林工程林间种植紫花苜蓿技术规程[J]. 草业与畜牧, 2008(5): 61-62.
- [7] 唐好文,李婷. 紫花苜蓿的加工利用与贮存[J]. 中国畜禽种业, 2014(9): 7-9.
- [8] 刘忠宽,刘振宇,玉柱,等. 我国苜蓿青贮饲料的加工与利用现状[J]. 河北农业科学, 2016, 20(4): 62-65.
- [9] 洪明,马英杰,赵经华,等. 新疆阿勒泰地区浅埋式滴灌苜蓿灌溉制度试验[J]. 草地学报, 2017, 25(4): 871-874.
- [10] 郑和祥,李和平,曹雪松. 喷灌条件下不同茬次紫花苜蓿的耗水规律与灌溉制度[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(9): 786-789.
- [11] 焦炳忠,孙兆军,韩磊,等. 扬黄灌区浅埋式滴灌对地膜玉米生长及水分利用效率的影响[J]. 节水灌溉, 2016(6): 24-27, 30.
- [12] 马铁成. 不同灌水定额对准格尔盆地东北缘浅埋式滴灌苜蓿生长和产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2019(5): 127-130.
- [13] 吕谋超,彭贵芳,杨跃辉. 地下滴灌应用试验研究[J]. 中国农村水利水电, 1999(1): 15-17.
- [14] 廉喜旺. 阿勒泰地区地下滴灌条件下苜蓿滴灌带布设方式及高效用水研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014: 4-5.