

孙智辉,刘志超,杨丽,等. 丘陵沟壑区 4 月日最低温度的差异特征[J]. 陕西气象, 2022(4): 50-56.

文章编号: 1006-4354(2022)04-0050-07

丘陵沟壑区 4 月日最低温度的差异特征

孙智辉, 刘志超, 杨丽, 雷延鹏

(延安市气象局, 陕西延安 716000)

摘要:为了更好地开展陕北山地苹果气象服务, 提供具有针对性的低温冻害信息, 利用 2018—2020 年延安地区 4 月 20 多个山顶与沟谷气象观测站数据和延安高空探测数据, 统计分析山顶与沟谷温度的差异特征。结果表明: 黄土高原丘陵沟壑区地形造成日最高温度山顶低于河谷、而日最低温度山顶高于沟谷的气候特征; 最低温度差值与海拔高度、纬度有关, 海拔高度低差值小, 反之差值大, 高纬度地区差值大; 在高差 100 m 以下的河谷地带, 冷空气的堆积比较深厚, 山顶与沟谷温度一致; 延安山顶与沟谷温度差值具有相同的日变化趋势, 并与天气有关, 阴天时山顶温度低于沟谷, 晴天时山顶温度高于沟谷; 在一日内, 山顶温度变化比较平缓, 沟谷比较剧烈; 在日出后 3 h 和日落后到 24 时, 沟谷升降温幅度明显大于山顶, 其他时段二者的变化幅度基本一致; 最低温度差值与高空温度、地面相对湿度、地面风速、高空温度露点差具有明显的相关关系, 温度越低、湿度越小、风速越小而温差越大。

关键词: 丘陵沟壑区; 最低温度; 差异

中图分类号: S161.24 **文献标识码:** A

黄土高原丘陵沟壑区, 土层深厚, 海拔 800~1 100 m, 光照充足, 昼夜温差大, 有利果实积累糖分, 是“世界苹果最佳优生区之一”。截止 2019 年底, 延安有苹果种植面积 26.2 万 hm^2 , 产量 349.8 万 $\text{t}^{[1]}$, 是农民脱贫奔小康的支柱性产业。延安苹果产区可分为延安南部塬区和北部山地。北部山地主要指甘泉以北的宝塔、安塞、延川、延长、子长、志丹、吴起等 8 县(区、市), 沟壑纵横、山岭相间, 形成了绿色、有机苹果生产的天然屏障, 为生产绿色、有机苹果提供了有利条件。南部指洛川、富县、黄陵、宜川、黄龙等 5 县, 苹果种植在塬面上。1999 年以来, 延安实施退耕还林草工程, 坡度较大的山坡耕地变为林草地, 农业用地大多处于川道沟谷、山顶梯田、塬面上。在 20 世纪 50—70 年代建设气象观测站时, 考虑生活等诸多因素, 气象站只有洛川建在塬上, 其他站普遍建在靠近县城的河谷川道上, 观测的温度只能代表川道

沟谷, 而山地地形支离破碎、局地小气候明显, 苹果大多种植在半山坡以上, 用气象站温度来分析花期冻害影响偏差较大。

国内学者对山地气候进行了多年研究, 如对青藏高原开展了大气科学试验, 对天山、横断山等主要山脉开展了地形与气象关系的研究^[2-5]。国内学者还研究了秦岭对温度、积雪、降水、气候变化的影响^[6-11]。黄土高原丘陵沟壑区由于相对高差小(200 m 左右), 对气候影响小, 主要对夜间最低温度产生影响。2007 年, 延安气象科研人员在志丹、宝塔区进行了山地温度观测, 总结出温度的变化特征^[12-14]; 但由于观测站点少, 时间短, 结论没有应用到业务服务中。随着乡镇气象站和苹果园小气候站的建立, 积累了一定的山顶温度数据, 为开展最低温度差异分析提供了数据基础。本文通过分析多站点 4 月温度数据, 揭示地形对最低温度的影响, 总结出分布特征, 应用到苹果区

收稿日期: 2021-09-14

作者简介: 孙智辉(1966—), 男, 汉族, 陕西延川人, 学士, 正研级高工, 从事农业气象研究与服务。

基金项目: 陕西省科技计划项目(2022NY-221); 延安市科技计划项目(SL2019ZC SC-002)

划、花期冻害风险区划、冻害预报预警评估等业务服务,指导防灾减灾工作。

1 资料与方法

1.1 乡镇站的选择

利用现有的山顶、半山坡果园气象站,选择距离果园站最近的1个乡镇气象站作为对比分析

站,形成一组对比站,确定的对比站见表1、表2。

1.2 资料

延安苹果花期主要出现在4月,温度对其的影响尤为突出。通过延安市自动气象站统一应用平台只能找到2018—2020年各站4月小时温度数据,由于区域天气站位置变动及其他原因,导致

表1 延安市温度分析对比站列表

序号	类别	站号	站名	县(区、市)	经度/(°E)	纬度/(°N)	海拔高度/m
1	山顶果园站	VJ072	牛田寺	宝塔	109.63	36.53	1 198
	沟谷对比站	V1659	川口	宝塔	109.57	36.63	935
2	山顶果园站	VJ051	梁家河	延川	110.07	36.82	1 083
	沟谷对比站	V1407	禹居	延川	110.01	36.85	924
3	山顶果园站	VJ041	子长农田小气候站	子长	109.55	37.27	1 365
	沟谷对比站	V1305	安定	子长	109.52	37.17	1 103
4	山顶果园站	V1320	浩则焉	子长	109.56	37.40	1 327
	沟谷对比站	V1319	涧峪岔	子长	109.59	37.35	1 190
5	山顶果园站	V1105	张渠	志丹	108.82	37.04	1 498
	沟谷对比站	V1112	牛寨	志丹	108.87	36.94	1 231
6	山顶果园站	V1514	倒山坪	延长	110.40	36.51	1 062
	山顶果园站	V1513	李库	延长	110.30	36.55	950
	沟谷对比站	V1502	张家滩	延长	110.19	36.51	810
7	山顶果园站	53845	延安	宝塔	109.45	36.57	1 181
	沟谷对比站	V1662	万花	宝塔	109.40	36.56	1 030
8	山顶果园站	V1902	牛家佃	宜川	110.22	36.16	1 135
	沟谷对比站	V1910	交里	宜川	110.18	36.14	873
9	山顶果园站	V1803	北道德	富县	109.15	35.98	1 260
	沟谷对比站	V1811	张村驿	富县	109.11	35.89	938
10	山顶果园站	V1956	隆坊	黄陵	109.18	35.70	1 153
	沟谷对比站	V1952	店头	黄陵	109.11	35.61	885

表2 延安市温度分析对比站列表

序号	类别	站号	站名	县区	经度/(°E)	纬度/(°N)	海拔高度/m
1	半山坡站	V1226	北宋塔3	安塞	109.20	36.67	1 246
	沟谷对比站	V1223	宋塔村	安塞	109.20	36.67	1 138
2	半山坡站	V1221	方塔	安塞	109.27	36.81	1 145
	沟谷对比站	V1207	沿河湾	安塞	109.37	36.75	1 060
3	半山坡站	53944	黄陵	黄陵县	109.20	35.57	941
	沟谷对比站	V1952	店头	黄陵	109.11	35.61	885

2018、2019年温度数据不完整。高空数据由延安高空探测站提供。

1.3 方法

利用数理统计方法,分析山顶与河谷月平均温度、平均最高和平均最低温度、极端温度,寻找其差异性规律。通过相关分析探寻影响差值的主要因子。

2 结果与分析

2.1 4月温度的年际差异

由于观测数据不全,2018—2020年可获得4组最低温度对比数据。由表3可知,4组日最低温度数据均表现出沟谷温度低、山顶温度高的分布特征,二者平均差值为 $1.5\sim 3.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,但温度差值在不同年份有所差异。4组对比数据均

表3 2018—2020年4月延安4组山顶站和河谷站温度对比分析表

单位: $^{\circ}\text{C}$

站名	2018		2019		2020	
	月平均最低温度	月最低温度	月平均最低温度	月最低温度	月平均最低温度	月最低温度
牛田寺果园站	7.6	-2.5	7.4	0.8	4.6	-1.2
川口对比站	6.4	-6.2	5.9	-4.1	2.8	-4.9
差值	-1.2	-3.7	-1.5	-4.9	-1.8	-3.7
浩则焉果园站	8.9	-3.8	7.7	0.2	5.5	-1.4
涧峪岔对比站	4.9	-7.4	6.1	-7.1	1.6	-6.2
差值	-4.0	-3.6	-1.6	-7.3	-3.9	-4.8
延安果园站	7.2	-4.2	7.3	-2.8	3.6	-4.0
万花对比站	5.8	-7.5	5.4	-6.0	0.9	-7.3
差值	-1.4	-3.3	-1.9	-3.2	-2.7	-3.3
牛家佃果园站	8.2	-3.3	7.5	1.6	5.0	-0.5
交里对比站	4.9	-7.9	5.8	-6.0	2.9	-4.3
差值	-3.3	-4.6	-1.7	-7.6	-2.1	-3.8

反映出月平均最低温度越低差值越大,温度低说明冷空气影响频繁,河谷由于冷空气堆积造成温差增大。2019年月极端最低温度差值大于2018和2020年,月极端最低温度越高,山顶与沟谷温度差值越大。

2.2 平均温度差异

2020年对比站数据完整,因此在后面分析时,主要利用2020年数据讨论温度差异特征。表4反映了2020年4月温度对比情况。可以看出月平均温度山顶温度高于沟谷川道,差异较小。最高温度山顶低于川道,而最低温度山顶高于沟谷川道。最低温度差值比较大,普遍在 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,南部塬区差值小,基本在 $2.0\sim 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,而北部丘陵沟壑区差值大,例如延川县梁家河与禹居月平均最低温度相差 $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,志丹县张渠与牛寨相差 $4.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,子长市两个对比站也相差 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,北

部丘陵沟壑区最低温度差值约是南部塬区的两倍。

2.3 极端温度差异

比较2020年4月山顶站和河谷站极端最低温度差值发现,最小差值是富县北道德与张村驿,为 $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大差值出现在延川县梁家河与禹居,为 $5.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。所有站点平均差值为 $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。地域分布上,也是南部塬区比较小,北部丘陵沟壑区比较大,差值约是南部塬区的两倍。

2.4 半山坡温度差异

从3组半山坡对比站数据分析,相对高差在 100 m 以下时,平均温度、极端温度没有明显差异(表5)。

2.5 不同天气背景下温度差异

选取志丹县张渠与牛寨、延川县梁家河与禹居、黄陵县隆坊与店头等3组对比站,分析2020年4月山顶与河谷最低温度差值的逐日演变。由

表4 2020年4月延安10组山顶站和河谷站温度对比表

单位:℃

序号	类别	站名	月平均温度	月最高温度	月平均最高温度	月平均最低温度	月最低温度
1	山顶果园站	牛田寺	11.6	31.2	19.6	4.6	-1.2
	沟谷对比站	川口	11.6	33.2	20.7	2.8	-4.9
2	山顶果园站	梁家河	12.5	32.2	19.7	6.5	-0.1
	沟谷对比站	禹居	11.8	35.9	23.5	1.3	-5.4
3	山顶果园站	子长	11.6	30.9	18.6	5.5	-1.4
	沟谷对比站	安定	10.9	33.8	21.6	1.4	-4.3
4	山顶果园站	浩则焉	12.2	32.5	19.7	5.5	-1.4
	沟谷对比站	涧峪岔	10.7	34.5	21.9	1.6	-6.2
5	山顶果园站	张渠	10.5	30.0	17.9	4.2	-2.1
	沟谷对比站	牛寨	9.9	32.2	20.3	-1.4	-6.9
6	山顶果园站	倒山坪	12.4	31.4	19.6	6.5	-0.1
	山顶果园站	李库	13.0	31.8	20.5	5.4	0.0
	沟谷对比站	张家滩	12.9	37.7	24.4	3.7	-2.0
7	山顶果园站	延安	11.7	31.3	20.1	3.6	-4.0
	沟谷对比站	万花	10.9	32.7	20.8	0.9	-7.3
8	山顶果园站	牛家佃	11.9	31.4	19.9	5.0	-0.5
	沟谷对比站	交里	11.5	31.1	21.2	2.9	-4.3
9	山顶果园站	北道德	11.5	19.4	30.2	3.8	-3.5
	沟谷对比站	张村驿	11.2	21.8	32.9	1.6	-5.1
10	山顶果园站	隆坊	12.3	21.3	31.6	4.8	-2.0
	沟谷对比站	店头	11.6	22.3	32.3	2.2	-3.8

表5 2020年4月延安3组半山坡站和河谷站温度对比表

单位:℃

序号	类别	站名	月平均温度	月最高温度	月平均最高温度	月平均最低温度	月最低温度
1	半山坡站	宋塔村3	10.8	31.1	20.0	1.3	-6.4
	沟谷对比站	宋塔村	10.6	31.1	19.8	0.9	-6.4
2	半山坡站	黄陵	11.6	32.4	21.4	3.0	-3.9
	沟谷对比站	店头	11.6	32.3	22.3	2.2	-3.8
3	半山坡站	方塔	11.0	32.4	19.4	1.8	-6.0
	沟谷对比站	沿河湾	11.3	33.3	22.1	1.7	-4.3

图1可以发现,3组站温差虽然数值不同,但具有相同的变化趋势;日差值变化幅度比较大,如延川县梁家河与禹居的最低温度差值,最小为-2.1℃,最大为11.2℃,差值也不完全是山顶

高于沟谷,在特殊天气条件下,山顶低于沟谷。

山顶最低温度低于河谷的日期为1日、2日、10日、11日、18日,其天气情况为1日晚有降水,2日、10日、11日、18日晚为阴天,说明出现阴天

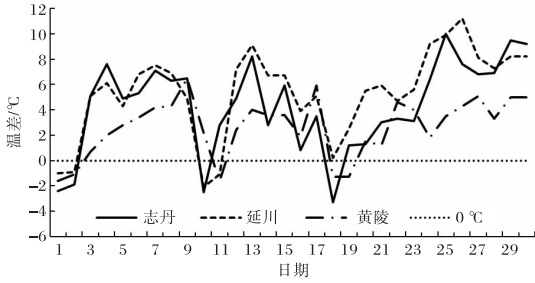


图1 2020年4月延安3组代表站最低温度差值的逐日演变

时河谷不会出现逆温现象。进一步分析发现,当出现阴天时,山顶与河谷的温差相对稳定,如黄陵县隆坊与店头的温差在 $-1.1\sim-1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,延川县梁家河与禹居的温差在 $-0.9\sim-2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,基本遵循对流层温度下降规律。这与文献[12]的研究结论一致。

对应不同的天气,山顶与沟谷呈现正负截然不同的温差。统计2020年4月晴天温差发现,晴天温差均值比月平均值均偏高,南部塬区偏高 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,而北部偏高了 $1.1\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.6 温度日变化

地形对温度的日变化产生影响,并具有一定的规律性。用牛田寺与川口站为代表,分析4月山顶与河谷温度的日变化特征(图2)。在一日内,山顶温度变化比较平缓,沟谷比较剧烈。23时一次日11时河谷温度高,12—22时山顶温度高。

图3为2020年4月牛田寺与川口站升温与降温变化图(后一小时温度减去前一个小时温度)。上午(08—11时)山顶温度升温明显大于河谷,而

在傍晚到前半夜(19—24时),山顶降温幅度也明显大于河谷,其他时段的变化幅度基本一致。选择明显降温时段的2020年4月19—24日梁家河与禹居小时温度(图4),计算变温,发现变化特征与图3相同。变温及温差表现出的特征是相同的,但在不同地点有不同的起止时间,这与日出日落时间有关。

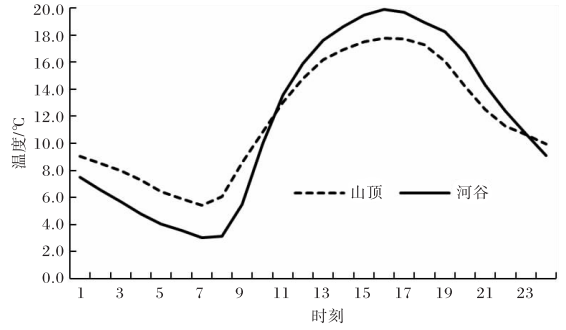


图2 2020年4月延安山顶与河谷站(以牛田寺与川口为代表)平均小时温度日变化图

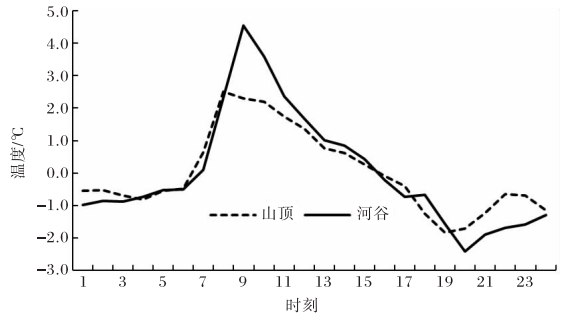


图3 2020年4月延安山顶与河谷(以牛田寺与川口为代表)逐小时变温图

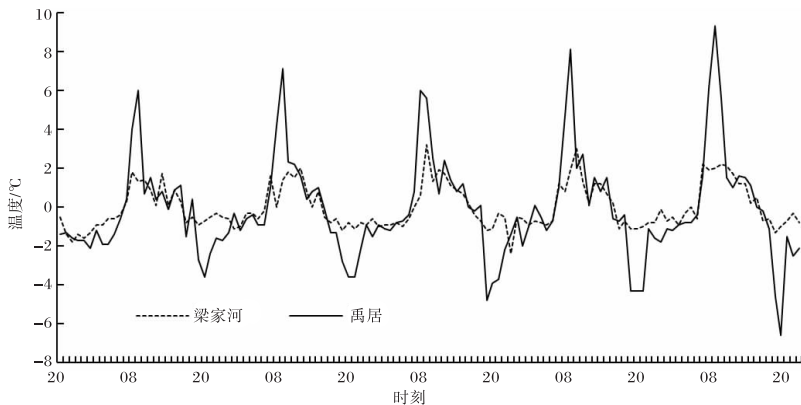


图4 2020年4月19—24日梁家河与禹居站逐小时变温图

2.7 海拔高度和经纬度对温差的影响

表6是2020年4月不同海拔高度、经纬度与月平均最低温度和月极端最低温度温差统计表。随着海拔高度升高,温差逐渐加大。海拔高度 $<1\ 100\text{ m}$ 时,两组月平均最低温度差值数据,表现却截然不同,一个最小为 $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,一个为次大值; $1\ 100\text{ m}\leq$ 海拔高度 $<1\ 200\text{ m}$ 时,温差平均为 $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $1\ 200\text{ m}\leq$ 海拔高度 $<1\ 300\text{ m}$ 时,只有一个数据,温差为 $2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; $1\ 300\text{ m}\leq$ 海拔高度 $<1\ 400\text{ m}$ 时,温差平均为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$;海拔高度 $\geq 1\ 400\text{ m}$,温差最大为 $5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。纬度与温差,也表现出纬度越高,温差越大的特征,高差、经度与温差没有统计规律。

在以往的局地地形与温度的研究中^[13]发现高差与温差是有关系的,高差越大温差也越大。本文中未发现这一特征,主要原因可能是研究区域过大,地形条件不同造成的。当高差 $<100\text{ m}$ 时,半山坡以下温度是一致的,当高差 $\geq 100\text{ m}$ 时,温度差加大。

表6 2020年4月延安10组高山站与河谷对比站温差与不同海拔高度高差数据表

序号	月平均最低 温度差/ $^{\circ}\text{C}$	月极端最低 温度差/ $^{\circ}\text{C}$	山顶站海 拔高度/ m	高差/ m
1	1.8	3.7	1 198	263
2	5.2	5.3	1 083	159
3	4.1	2.9	1 365	262
4	3.9	4.8	1 327	137
5	5.6	4.8	1 498	267
6	1.7	2.0	1 062	140
7	2.7	3.3	1 181	146
8	2.1	3.8	1 135	262
9	2.2	1.6	1 260	322
10	2.6	1.8	1 153	268

3 温度差值与前期气象因子的相关性

山顶与沟谷温度的差异具有规律性,但其数值日变化很明显,这就对业务应用,特别是冻害的分析造成很大的困惑。北部山地果园大多没有气象站,准确预测果园最低温度是预防冻害的第

一步。

对延川县梁家河与禹居站2019、2020年4月的山顶与沟谷温差(简称温差)与延安探空站前一日20时各高度层次的温度进行相关分析,发现温差与500 hPa高度温度相关性较好,相关系数达到0.495 9,通过0.001的显著性检验。当温度越低时,温差越大。温差与高空温、湿相关关系最好,对温差与高空各层温度露点差($T-T_d$)进行分析,发现延安探空站地面、850 hPa的 $T-T_d$ 与温差相关系数达0.642 0,0.657 4。特别是对异常偏大的温差, $T-T_d$ 的反映更好,当850~500 hPa整层 $T-T_d$ 明显大于平均值时,温差也明显偏大。温差较小甚至为负值时, $T-T_d$ 数值表现为单层或整层均较小,甚至接近于0,也可间接说明天空有云或有降水。用 $T-T_d$ 可以较好地反馈出温差是否偏离平均状况。

前期地面要素也可反映次日温差大小,特别是温度、风速、湿度等因素。用日地面最低温度与温差进行相关分析,相关系数为0.535 7,通过了0.001的显著性检验。在有冷空气影响时,下沉降温更加明显,加大了温差。

对风速与温差进行相关分析,相关系数为一0.302 7,通过0.001的显著性检验。说明风速大,有利于空气混合,降低山顶与沟谷之间温差。

用前一日最小相对湿度与温差进行相关分析,相关系数为一0.479 7,通过0.001的显著性检验。

4 结论与讨论

黄土高原丘陵沟壑区破碎的地形造成日最高温度山顶低于川道、而日最低温度山顶高于沟谷川道的气候特征。最低温度差值与海拔高度、纬度有关,海拔高度低则差值小,海拔高度高则差值大,高纬度地区差值大。在高差100 m以下的河谷地带,冷空气的堆积比较深厚,山顶温度与河谷一致。

日最低温度差值有正有负,与天气有关。在阴天时,山顶温度低于沟谷,晴天时,山顶温度高于沟谷。在延安不同地方,温度差值具有相同的日变化趋势,说明在春季4月,延安的影响天气背景基本是一致的。

在一日内,山顶温度变化比较平缓,沟谷比较剧烈。23时—次日11时山顶温度高,12—22时沟谷温度高。在08—11时和19—24时,沟谷升降温明显大于山顶,其他时段二者变化幅度基本一致。变温差异及温度差异均与日出日落时间有关。

最低温度差值与高空温度、地面相对湿度、地面风速具有相关性,温度越低、湿度越小而温差越大,而风速大,有利于空气混合,可减小温差。分析发现,温差与高空850~500 hPa之间温度露点差具有明显的相关关系,可以很好地反映出异常温差。

由于丘陵沟壑区地形复杂,选取的气象站数量有限,对分析结果有一定影响,还应通过地面加密观测和遥感手段,深入研究地形对温度的影响。

参考文献:

- [1] 延安市统计局,国家统计局延安调查队. 2019年延安市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2021-01-12)[2021-06-20]. <http://tjj.yanan.gov.cn/uploadfile/20210112/1610418636741222.pdf>.
- [2] 李国平. 近25年来中国山地气象研究进展[J]. 气象科技进展, 2016, 6(3): 115-122.
- [3] 周礼华, 黄力, 钱深华, 等. 金佛山西坡气温的垂直变化特征[J]. 山地学报, 2019, 37(6): 818-827.
- [4] 吕中科, 吕渊, 周陈栋仁, 等. 雪峰山东侧气候资源垂直分层利用探讨[J]. 湖南农业科学, 2018(11): 72-75.
- [5] 付建新, 曹广超, 李玲琴, 等. 1960—2014年祁连山日照时数时空变化特征[J]. 山地学报, 2018, 36(5): 709-72.
- [6] 孟清, 白红英, 赵婷, 等. 秦岭山地气候变化的地形效应[J]. 山地学报, 2020, 38(2): 180-189.
- [7] 翟丹平, 白红英, 秦进, 等. 秦岭太白山气温直减率时空差异性研究[J]. 地理学报, 2016, 71(9): 1587-1595.
- [8] 孟珍, 毛峰, 夏江峰, 等. 陕西小型多旋翼无人机气象观测应用体系构建与观测试验[J]. 陕西气象, 2021(2): 60-64.
- [9] 雷向杰, 田亮, 王毅勇, 等. 秦岭主峰太白山6月积雪考察[J]. 陕西气象, 2020(1): 26-30.
- [10] 马新萍, 白红英, 郭帅, 等. 秦岭太白山气温垂直递减率研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(7): 139-144.
- [11] 高翔, 白红英, 张善红, 等. 1959—2009年秦岭山地气候变化趋势研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 207-211.
- [12] 曲静, 尹盟毅, 孙智辉. 黄土高原丘陵沟壑区山地与川地气温对比分析[J]. 陕西气象, 2008(1): 49-52.
- [13] 韩芳琴, 孙智辉, 刘志超, 等. 黄土高原丘陵沟壑区气温垂直变化特征[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2011, 30(2): 69-74.
- [14] 蒋小莉, 王凌军, 雷延鹏, 等. 洛川国家基准气候站二次迁站观测数据对比评估[J]. 陕西气象, 2017(4): 30-34.