

宗英飞,张国林,谢华光. 辽西霜期光照资源变化对设施农业的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):355-357.

# 辽西霜期光照资源变化对设施农业的影响

宗英飞,张国林,谢华光

(辽宁省朝阳市龙城区气象局,辽宁朝阳 122000)

**摘要:**采用气候倾向率和标准偏差方法,分析1961—2010年霜期设施农业生产期光照资源变化特征,为辽宁西部设施农业可持续发展服务。结果表明:设施农业生产期10月至翌年4月,太阳总辐射、日照时数呈显著减少,气候倾向率分别为 $-0.669 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ 、 $-20.369 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ;2001—2010年平均每天减少日照时间 $0.49 \text{ h}$ 。12月至翌年2月寒冷期太阳总辐射、日照时数存在减少倾向,气候倾向率分别为 $-0.192 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ 、 $-4.589 \text{ h}/10 \text{ 年}$ 。光照资源的减少严重影响设施农业的发展,应及时调整和改进目前的日光温室大棚设施结构和栽培管理形式,增设调控设备,确保设施农业可持续发展。

**关键词:**霜期;光照资源;设施农业;辽西

**中图分类号:** S161.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0355-03

光照、气温、降水及风速为主要的天气资源。近年来全球气候变暖<sup>[1-2]</sup>使天气资源发生不同的变化,并产生新的格局<sup>[3-4]</sup>。在诸多天气资源中,光照资源是所有资源的原动力,是一切有生命的机体赖以生存的最重要的能量源泉<sup>[5]</sup>。霜期设施农业就是充分利用光照资源发展起来的新型农业,光照为霜期设施农业提供重要的热能来源。因此,探讨霜期光能资源变化对霜期设施农业发展具有重要意义。近年来诸多学者对太阳辐射、日照时数等气候变化进行了研究<sup>[6-8]</sup>。任国玉等研究认为50年来全国年平均日照时数具有明显下降趋势,冬、夏两季减幅大于春、秋两季<sup>[9]</sup>。丁丽佳等对粤东地区近52年日照时数研究表明,局地与整个地区的变化趋势不完全同步,大部分地方呈下降趋势,个别地方则呈上升趋势<sup>[10]</sup>。吴克等研究沈阳地区霜期日照时数近10年平均减少 $66 \text{ h}$ ,而近20年寡照年增加 $16.7\%$ <sup>[11]</sup>。

辽宁西部地处北温带亚干旱气候区,西北南三面被内蒙古赤峰市和河北省承德市环绕,境内北面有努鲁尔虎山脉,南面有松岭山脉为屏障,构成“U”字形地貌,削弱了北南冷暖空气的入侵,造成辽西特殊地理位置的低山丘陵易干旱区。研究区域内年平均气温为 $6.3 \sim 9.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,年降水量为 $460 \text{ mm}$ 左右,年太阳总辐射为 $174.84 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ,年日照时数为 $2\,301 \sim 3\,242 \text{ h}$ 。初霜日平均在9月30日,终霜日平均在4月20日,有霜期 $181 \text{ d}$ 。10月至翌年4月为辽西地区设施农业主要生产时期。目前对辽宁西部地区的气温、降水、日照等年总量气候变化已有相应的研究分析<sup>[12-15]</sup>,本研究针对霜期设施农业生产期光资源变化问题,揭示霜期光资源气候变化特征,为合理地掌握和推进霜期设施农业的可持续发展奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料来源

资料取自辽宁西部的叶百寿、北票、建平、凌源、羊山、喀左、朝阳气象站1961—2010年近50年的日照时数和日照百分率。

地表太阳总辐射则通过天文总辐射并用公式计算<sup>[16-21]</sup>得出,本研究确定计算公式为: $Q = Q_0(a + bS)$ ,式中 $Q$ 为地表受到的太阳总辐射, $Q_0$ 为天文辐射, $S$ 为日照百分率, $a$ 、 $b$ 为订正系数。 $b$ 取值 $0.725$ , $Q_0$ 、 $a$ 各月值<sup>[16]</sup>见表1。

表1 晴天太阳总辐射 $Q_0$ 及订正系数( $a$ )

月份	$Q_0$ ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )	$a$
1	9.1	0.330
2	11.6	0.410
3	15.9	0.427
4	19.4	0.455
5	22.5	0.441
6	23.6	0.437
7	23.1	0.439
8	20.5	0.427
9	16.7	0.432
10	13.2	0.382
11	9.9	0.318
12	7.8	0.364

### 1.2 分析方法

使用气候倾向率分析气候要素的变化趋势。在Excel应用程序支持下,通过一元线性回归方程的回归系数计算出气候倾向率,总辐射倾向率单位为 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ,日照时数倾向率单位 $\text{h}/10 \text{ 年}$ 。一元线性回归方程表达式为: $y_i = ax_i + b$ ,式中 $y_i$ 为要素趋势方程估计量, $x_i$ 为年号序列,用最小二乘法求得 $a$ 、 $b$ 值。将系数 $a$ 乘以10,则为10年平均倾向率。变化趋势减少还是增加取决于 $a$ 的符号,即正为上升,负为下降。

采用标准偏差方法分析异常年。标准偏差是量度数据分

收稿日期:2013-01-11

基金项目:辽宁省设施蔬菜新品种选育、引进及配套栽培技术应用推广项目(编号:2008209001)。

作者简介:宗英飞(1971—),女,辽宁朝阳人,工程师,主要从事应用气象工作。E-mail:zgf-1218@163.com。

通信作者:张国林,高级工程师,主要从事应用气象工作与研究。E-mail:zgf-1218@163.com。

布分散程度的标准,用以衡量数据值偏离算术平均值的程度,可确定极端事件发生几率。标准偏差公式: $S = [\sum (y_i - \bar{y})^2 / n]^{1/2}$ ,式中, $S$ 为标准偏差, $y_i - \bar{y}$ 为历年值减总体平均数, $n$ 为样本数。

## 2 结果与分析

### 2.1 设施农业生产期太阳总辐射

2.1.1 霜期太阳总辐射 辽宁西部地区设施农业生产期一般在10月至翌年4月,在这期间太阳总辐射平均为78.97 MJ/m<sup>2</sup>,占全年的45.8%。在1961—2010年的近50年里,2008年最少,只有74.41 MJ/m<sup>2</sup>;1970年最多,为82.48 MJ/m<sup>2</sup>。标准偏差为±1.80 MJ/m<sup>2</sup>,正常年景霜期太阳总辐射在77.17~80.77 MJ/m<sup>2</sup>之间。异常偏多有7年(1965、1967、1970、1971、1995、1996、1997年),分布在20世纪60、70、90年代,几率为14%;异常偏少有7年(1987、1990、1991、2003、2006、2008、2010年),分布在20世纪90年代和21世纪初,几率为14%,而近20年(1991—2010年)异常偏少几率上升到30.0%。图1显示,1961—1975年为太阳总辐射丰富期,经过1976—1982年调整期后,1983—1993年进入第1个偏少期,1994—1998年短暂回升,1999—2010年再次下落到负距平期。整个变化过程遵循式 $y = -2 \times 10^{-5}x^4 + 0.1885x^3 - 561.26x^2 + 742591x - 4 \times 10^8$ , ( $r = -0.6716$ ,  $P < 0.01$ )。太阳总辐射呈下降减少趋势,其线性方程为 $y = -0.0669x + 211.9$ , ( $r = -0.5354$ ,  $P < 0.01$ ),气候倾向率为 $-0.669 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ,近50年减少3.35 MJ/m<sup>2</sup>。从年代尺度分析结果看(表2),辽宁西部霜期太阳总辐射呈逐年代减少,21世纪10年代比20世纪60年代平均减少3.01 MJ/m<sup>2</sup>,占总平均值的3.8%,平均每日减少0.04 MJ/m<sup>2</sup>。

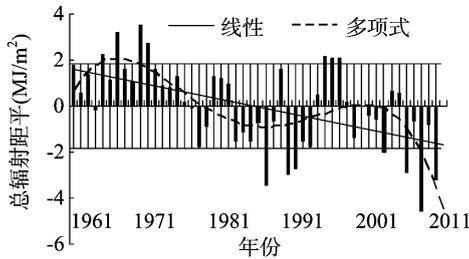


图1 辽宁西部霜期太阳总辐射距平值变化

表2 不同年代霜期、寒冷期太阳总辐射和日照时数

年代	霜期		寒冷期	
	总辐射 (MJ/m <sup>2</sup> )	日照时数 (h)	总辐射 (MJ/m <sup>2</sup> )	日照时数 (h)
1961—1970	80.6	1 615	30.23	643
1971—1980	79.57	1 584	29.6	626
1981—1990	78.15	1 530	28.85	598
1991—2000	78.93	1 553	29.4	615
2001—2010	77.59	1 526	29.38	623
1961—2010	78.97	1 562	29.49	621

2.1.1 寒冷期太阳总辐射 设施农业生产期的寒冷期(12月至翌年2月)是生产的关键期,此时光能的多寡制约着大棚生产的成败。辽西寒冷期太阳总辐射平均为29.49 MJ/m<sup>2</sup>,占霜期的37.3%。在1961—2010年的近50年

里,1987年最少,只有26.90 MJ/m<sup>2</sup>;1963年最多,为31.07 MJ/m<sup>2</sup>。标准偏差为±0.89 MJ/m<sup>2</sup>,正常年寒冷期太阳总辐射在28.60~30.38 MJ/m<sup>2</sup>之间。异常偏多有8年,概率16%;异常偏少有5年,几率10%。图2显示,1961—1977年为太阳总辐射丰富期,1978—1994年转入偏少期,1995—2010年式中处于低位调整。整个变化过程遵循式 $y = -1 \times 10^5x^4 + 0.0772x^3 - 229.73x^2 + 303942x - 2 \times 10^8$ , ( $r = -0.5505$ ,  $P < 0.01$ )。寒冷期太阳总辐射线性方程为 $y = -0.0192x + 67.676$ , ( $r = -0.3121$ ,  $P < 0.05$ ),倾向率为 $-0.192 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ,近50年减少0.960 MJ/m<sup>2</sup>。从年代尺度分析结果看(表2),辽宁西部寒冷期太阳总辐射存在减少趋势,异常偏少出现在20世纪80年代,相比20世纪60年代平均减少1.48 MJ/m<sup>2</sup>,相对总平均值减少5.0%。

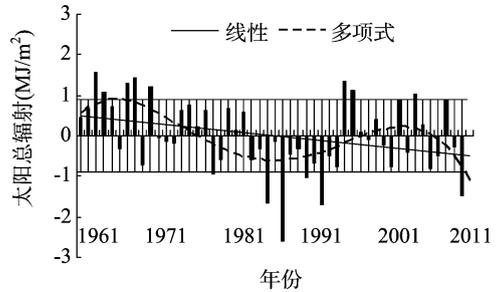


图2 辽宁西部寒冷期太阳总辐射距平值变化

### 2.2 设施农业生产期日照时数

2.2.1 霜期日照时数 辽宁西部地区设施农业生产期日照时数平均为1 562 h,占全年的56.1%。在1961—2010年的近50年里,1987年最少,只有1 400 h;1970年最多,为1 685 h。标准偏差为±68 h,正常年景霜期日照时数为1 494~1 630 h。异常偏多有7年(1965、1968、1970、1971、1989、1995、1996年),分布在20世纪90年代中期之前,几率14%;异常偏少有7年(1985、1987、1990、1991、1992、2003、2008年),分布在20世纪80年代中期之后,几率14%。近20年(1991—2010年)异常偏少发生几率上升到25%。图3显示,1961—1976年为光照资源丰富,经过1977—1982年调整期,1983—1994年下落到光照资源匮乏时期,1995—1998年短暂回升之后,1999—2010年继续徘徊在较低值区域内。整个变化过程遵循式 $y = -0.0007x^4 + 5.2034x^3 - 15497x^2 + 2 \times 10^7x - 1 \times 10^{10}$ , ( $r = -0.5422$ ,  $P < 0.01$ )。霜期日照时数线性方程为 $y = -2.0369x + 5606$ , ( $r = -0.4330$ ,  $P < 0.05$ ),呈明显下降减少趋势,倾向率为 $-20.369 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ,近50年减少101 h。从年代尺度分析结果看(表2),辽宁西部霜期日照时数呈逐年代减少,21世纪10年代比20世纪60年代平均减少89 h,占总平均值的5.7%,平均每日减少日照时间0.49 h。

2.2.2 寒冷期日照时数 设施农业生产期的寒冷阶段日照时数平均为621 h,占霜期的39.7%。在1961—2010年的近50年里,1987年最少,只有537 h;1968年最多,为684 h。标准偏差为±32 h,正常年景寒冷期日照时数在589~653 h。异常偏多有6年,几率为12%;异常偏少有7年,几率为14%。图3显示,1961—1977年为日照时数正距平,光资源丰富;经过1978—1982年调整期后,1983—1994年出现连续负距平,光资源减少成为寡照时段,1995—2010年寒冷期日照

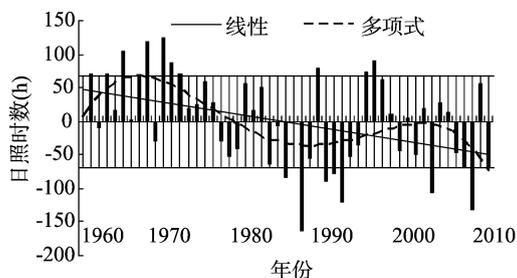


图3 辽宁西部霜期日照时数距平值变化

时数在低位调整。整个变化过程遵循式  $y = -0.0003x^4 + 0.0301x^3 - 0.9561x^2 + 8.5862x + 3.5423$ , ( $r = -0.4911$ ,  $P < 0.01$ )。日照时数呈下降减少趋势,其线性方程为  $y = -0.4589x + 1532.2$ , ( $r = -0.2073$ ,  $P > 0.05$ ),倾向率为  $-4.589 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ,近50年减少23 h。从年代尺度分析结果看(表2),辽宁西部寒冷期日照时数变化不稳定,20世纪80年代最少,比最多的20世纪60年代平均减少45 h,占总平均值的7.2%。

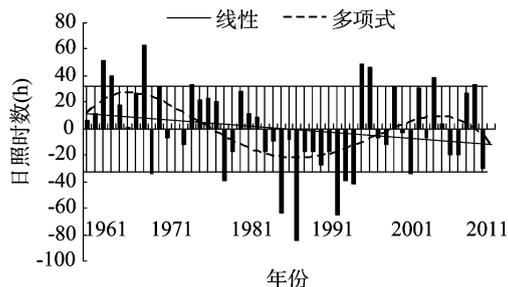


图4 辽宁西部寒冷期日照时数距平值变化

### 3 结论与讨论

(1) 辽宁西部地区设施农业生产期主要在10月至翌年4月,此间光能变化对设施农业影响很大。霜期与寒冷期太阳总辐射呈明显减少趋势,近20年总辐射量在标准偏差的负值区震荡,1961、2010年气候倾向率分别为  $-0.669$ 、 $-0.192 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ,太阳总辐射量近10年平均减少4%~5%。

(2) 辽西地区光照条件属于丰富区<sup>[22-23]</sup>,设施农业生产期和寒冷期日照时数明显减少。霜期日照时数气候倾向率为  $-20.369 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ,达到显著水平,2001—2010年比1961—1970年平均减少89h,占总平均值的5.7%,相当于平均每天减少0.49 h。设施农业生产寒冷期日照时数存在减少趋势,气候倾向率为  $-4.589 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ,序列相关不显著,近20年日照时数有所回升,但仍低于1961—1980年的水平。

(3) 在全球气候变暖的环境下,辽宁西部地区设施农业生产期气温明显升高,近10年平均升高  $2.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,有霜期缩短  $9 \text{ d}$ <sup>[24]</sup>,对设施农业生产持续发展有利,而太阳总辐射和日照时数的明显减少,对于霜期设施农业生产十分不利。辽西地区设施农业主体是日光温室塑料大棚,光能则是唯一的热量来源,当光照时间明显减少时,寡照则造成低温,无疑是对霜期设施农业发展的制约。所以,掌握霜期设施农业生产期的光能变化,相应调整设施结构和栽培管理形式尤为重要。

辽宁西部光照资源的减少严重影响设施农业的发展,应改变目前单一自然光温室大棚结构,提升为日光增温和人为增温补光等自动调控设备同步,确保设施农业可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 叶海英. 哥本哈根世界气候大会(COP15)背景[EB/OL]. [2013-01-05]. <http://discover.news.163.com/09/1026/16/5MIK8G4K000125LI.html>.
- [2] 秦大河,罗勇,陈振林. 气候变化科学的最新进展:IPCC第四次评估综合报告解析[J]. 气候变化研究进展,2007,3(6):311-314.
- [3] 陈红,张丽娟,李文亮,等. 黑龙江省农业干旱灾害风险评价与区划研究[J]. 中国农学通报,2010,26(3):245-248.
- [4] 孙风华,吴志坚,李丽光. 辽宁西部地区的气候变化及干湿状况年代际变化特征[J]. 中国沙漠,2006,26(6):325-328.
- [5] 玉系民,刘敏敏. 霜期农业气候学[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [6] 买苗,火焰,曾燕,等. 江苏省太阳总辐射的分布特征[J]. 气象科学,2012,32(3):269-274.
- [7] 吴昊旻,廖良清. 浙江省日照时数时空分布特征[J]. 中国农学通报,2011,27(32):294-298.
- [8] 贺俊杰,黄凤茹. 锡林浩特市日照时数的气候变化特征分析[J]. 中国农业气象,2012,33(3):333-339.
- [9] 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.
- [10] 丁丽佳,郑有飞,王春林,等. 粤东地区近52年日照时数的气候变化特征分析[J]. 中国农学通报,2011,27(1):175-181.
- [11] 吴克,张巍,杨霄. 沈阳地区设施农业生产期气候变化与灾害对策[J]. 江苏农业科学,2012,40(9):336-338.
- [12] 张国林,梁群,隋景跃. 朝阳地区近50a降水趋势分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(31):15379-15380,15393.
- [13] 梁群,张国林,刘月英,等. 辽宁西部农村环境近50年最高最低气温变化[J]. 中国农业气象,2011,32[增刊]:47-50.
- [14] 罗宪力,张国林. 辽西地区无霜期变化特征与粮食生产安全[J]. 江苏农业科学,2012,40(10):353-355.
- [15] 马永忠,黄英华,李明春. 建昌县近50a光照资源趋势变化及特征分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(35):20225-20226,20270.
- [16] 李凤翼,杨永岐. 辽宁光能资源及其生产潜力(I)-辽宁各地太阳总辐射量[J]. 辽宁农业科学,1980(3):40-44.
- [17] 吴林荣,江志红,鲁渊平,等. 陕西太阳总辐射的计算及分布特征[J]. 气象科学,2009,29(2):187-191.
- [18] 张宇,赵四强. 关于逐日太阳辐射估算方法的探讨[J]. 气象,1991,17(10):52-53.
- [19] 钟强. 青藏高原太阳总辐射计算方法的讨论[J]. 高原气象,1986,5(3):196-210.
- [20] 李云艳,孙治安,曾宪宁,等. 晴天地表太阳辐射的参数化[J]. 南京气象学院学报,2007,30(4):512-518.
- [21] 刘绍民,李银芳. 新疆月太阳总辐射气候学计算方法的研究[J]. 干旱区地理,1997,20(3):75-81.
- [22] 金广涛,张宝玺. 辽西丘陵山地气候资源与利用[M]. 气象出版社,1994:27-70.
- [23] 于华深,蔺娜,于杨. 辽宁省太阳能资源分布及区划初探[J]. 气象与环境学报,2008(4):18-22.
- [24] 隋景跃,张国林. 朝阳地区霜期农业气候资源特征分析[J]. 山西农业科学,2012,40(7):747-750.