

张明洁, 赵艳霞. 北方地区日光温室气候适宜性区划方法. 应用气象学报, 2013, 24(3): 278-286.

北方地区日光温室气候适宜性区划方法

张明洁¹⁾ 赵艳霞²⁾*

¹⁾(海南省气候中心, 海口 570203) ²⁾(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘 要

通过对我国北方地区影响日光温室生产的主要气候因素进行分析, 从光、温、风、雪 4 个方面选取了冬季总辐射、日光温室生产季阴天日数、年极端最低气温、冬季平均气温、生产季月最大风速平均值、年最大积雪深度平均值 6 个因子作为气候适宜性区划指标, 采用加权指数求和的评价方法建立综合气候适宜性区划指标模型, 在利用层次分析法对区划指标进行量化分析确定其权重的基础上, 借助 GIS 技术, 得到北方地区日光温室发展的气候适宜性区划图。为了细化区划结果, 将研究区域气候特征明显不同的典型区域分别进行进一步区划。结果表明: 该方法不仅理论性较强, 与实际相吻合的区划结果也说明该方法还具有良好的实用性。

关键词: 日光温室; 气候适宜性区划; 加权指数; 层次分析法

引 言

日光温室自 20 世纪 80 年代出现以来, 在我国北方地区尤其是华北、东北、黄淮地区迅速普及, 大大缓解了我国特别是北方地区淡季蔬菜供应问题。然而实际生产表明, 虽然我国北方地区总体气候条件优越, 但由于地域辽阔, 各地气候资源状况存在差异, 发展日光温室的气候适宜程度不一, 温室生产受低温、寡照、风雪等灾害性天气的影响很大, 存在投资高、能源消耗大、经济效益低下且不稳定等问题。因此, 开展日光温室发展的气候适宜性区划和评价是实际生产的迫切需要, 对我国北方地区合理利用气候资源, 避免不利气候条件的影响, 趋利避害, 将资源优势转化为经济效益, 进一步促进日光温室产业的科学布局 and 高效节能发展具有重要意义。

前人已从不同角度对全国范围或省内进行了温室的气候区划研究^[1-10], 这些区划成果为合理规划温室发展布局提供了科学依据。但目前较大范围的温室气候区划工作仍然较少, 区划方法上除传统方法外, 多采用数理统计的方法, 虽然数理统计方法具

有考虑指标因子多, 统计客观、定量, 理论上比较完善等优点, 但其基于站点, 只能以等值线的形式表现区划结果, 很多区划结果较为模糊。本文拟在前人研究的基础上, 采用加权指数求和的评价方法建立综合气候适宜性区划指标模型, 借助 GIS 技术平台^[11-13], 对所选区划指标按照层次分析法确定的权重进行叠加, 开展日光温室发展综合气候指标适宜性区划和评价, 将研究区域日光温室发展的气候适宜性划分为最适宜、适宜、次适宜和不适宜 4 个等级, 并对所运用方法的特点进行探讨。

1 研究区域及资料来源

研究区域包含京、津、冀、鲁、豫、晋、陕、宁夏以及甘肃和内蒙古部分地区(图 1)。气象资料源自中国气象科学数据共享网研究区域中 136 个代表站 1980—2009 年的地面气候资料, 包括地面气候日值数据、地面气候月值数据。地理信息资料来源于国家基础地理信息系统中心提供的 1:25 万测绘地图用地理信息数据集。

2012-11-12 收到, 2013-03-21 收到再改稿。

资助项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906023, GYHY201006041)

* 通信作者, email: zyx@cma.gov.cn

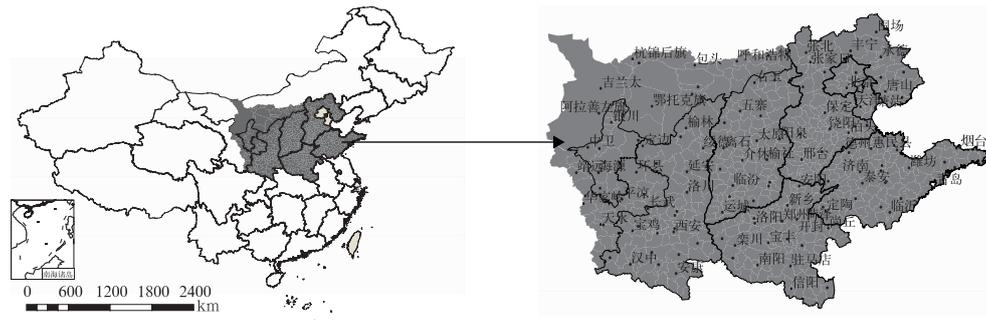


图 1 研究区域

Fig. 1 The study area in the paper

2 日光温室发展气候适宜性区划

2.1 区划指标选取及指标界限值确定

气候环境对温室的影响,一方面体现在外界大气候环境对温室结构类型和建筑参数、生产运行方式、栽培模式的影响,另一方面体现在温室内小气候环境对作物生长发育产生影响。而温室内的小气候环境虽然在一定程度上可控,但它是在外界大气候作用下产生的,区划只能对大气候条件进行,且选择对温室发展起主要作用的气候因子作为分区指标^[14-15]。在自然气候中,光照、温度地域差异相对较大,是对设施园艺作物生产起关键作用的因子^[16-17],大风、积雪对设施的设计荷载有影响^[18]。因此,结合北方地区的气候特征及日光温室生产对气候条件的要求,主要选择日光温室生产季太阳总辐射、冬季

总辐射、冬季平均气温、年极端最低气温、5 年一遇最大风速、生产季月最大风速平均值、年最大积雪深度平均值等 14 个相关气候特征值作为待选指标。然后,对待选指标进行变异性分析(地域差异大则气候代表性好)和指标间的相关性分析(若两个待选指标相关显著,则表明二者差异不明显,只取其一),最终选取地域差异较大且对温室生产有明确意义的 6 个气候特征值作为日光温室发展气候适宜性区划指标,即冬季总辐射、生产季(10 月一次年 4 月)阴天日数(以每日日照时数不大于 3 h 作为阴天的标准)、冬季平均气温、年极端最低气温、生产季月最大风速平均值和年最大积雪深度平均值。根据以往众多关于温室内外气象条件关系的观测研究^[19-28]、日光温室生产对气象条件的要求及前文分析,结合北方地区的气候特征,确定了日光温室发展适宜性区划指标的界限值(表 1)。

表 1 区划指标界限值

Table 1 Limit value of zoning indexes

区划指标	最适宜	适宜	次适宜	不适宜
冬季总辐射 $C_1 / (\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2})$	$C_1 \geq 920$	$920 > C_1 \geq 850$	$850 > C_1 \geq 700$	$C_1 < 700$
生产季阴天日数 C_2 / d	$C_2 \leq 30$	$30 < C_2 \leq 52$	$52 < C_2 \leq 80$	$C_2 > 80$
冬季平均气温 C_3 / C	$C_3 \geq 0$	$0 > C_3 \geq -5$	$-5 > C_3 \geq -8$	$C_3 < -8$
年极端最低气温 C_4 / C	$C_4 \geq -10$	$-10 > C_4 \geq -15$	$-15 > C_4 \geq -20$	$C_4 < -20$
生产季月最大风速平均值 $B_3 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$B_3 \leq 8$	$8 < B_3 \leq 11$	$11 < B_3 \leq 14$	$B_3 > 14$
年最大积雪深度平均值 B_4 / cm	$B_4 \leq 5$	$5 < B_4 \leq 7$	$7 < B_4 \leq 10$	$B_4 > 10$

2.2 区划方法

采用基于 GIS 的加权指数求和法^[29]作为评价方法,即根据不同区划指标影响程度的差异,给定与该区划指标影响程度相对应的权重,将指标的权重和指标值的乘积之和作为量化指标进行分级,从而对北方地区日光温室发展的气候适宜性做出综合评价。评价模型为

$$Y = \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad (1)$$

式(1)中, Y 为综合气候指标值, P_i 为第 i 个区划指标的权重, X_i 为区划指标 i 的无量纲值, n 为区划指标数。

2.2.1 数据的小网格推算

对气象资料进行无量纲化处理采用均值化方

法, $x = x'/\bar{x}$, 其中, x 是 x' 的无量纲值, x' 是原始变量, \bar{x} 是变量平均值; 然后利用 ArcMap 空间分析模块中的插值功能, 采用空间分析中常用的反距离加权插值法(式(2))将站点气象资料推算到网格点上, 建立研究区域格点数据库:

$$Z_D = \sum_{i=1}^n (Z_i/d_{iD}^k) / \sum_{i=1}^n (1/d_{iD}^k). \quad (2)$$

式(2)中, n 为已知点个数, Z_i 为第 i 个已知点的值, d_{iD} 为第 i 个已知点到目标点 D 的距离, k 为衰减阶数。

2.2.2 不同气候指标权重的确定

确定权重的方法很多, 主要有专家经验估计法、调查统计法、层次分析法、序列综合法、模糊逆方程法等。本文采用层次分析法, 将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统, 将目标分解为多个目标或准则, 进而分解为多指标(或准则、约束)的若干层次, 通过定性指标模糊量化方法算出层次单排序(权重)和总排序, 以作为目标(多指标)、多方案优化决策的系统方法^[30]。包括4个步骤: 分析系统中各因

素之间的关系, 建立递阶层次结构模型; 构造各层次所有因素两两判断矩阵; 计算单一准则下元素的权重并进行一致性检验; 计算组合权重并进行总的一致性检验。

2.2.2.1 建立递阶层次结构模型

递阶层次结构模型一般由以下3个层次组成: 目标层又称最高层, 只有1个元素, 一般是分析解决问题时的预定目标、要求等; 准则层又称中间层, 包括实现目标所涉及的所有中间环节; 方案层又称最低层, 是满足预定目标、要求时可供选择的各种措施、决策方案等。

北方地区日光温室发展气候适宜性区划, 按区划目的和对日光温室发展气候适宜性影响程度的不同, 分成3个层次(图2): 第1层为目标层 **A**, 即日光温室发展气候适宜性区划层; 第2层为准则层 **B**, 即光、温、风、雪4个气候因素; 第3层为指标层 **C**, 即选取的6个气候区划指标: 冬季总辐射、生产季节阴天日数、冬季平均气温、年极端最低气温、生产季月最大风速平均值、年最大积雪深度平均值。

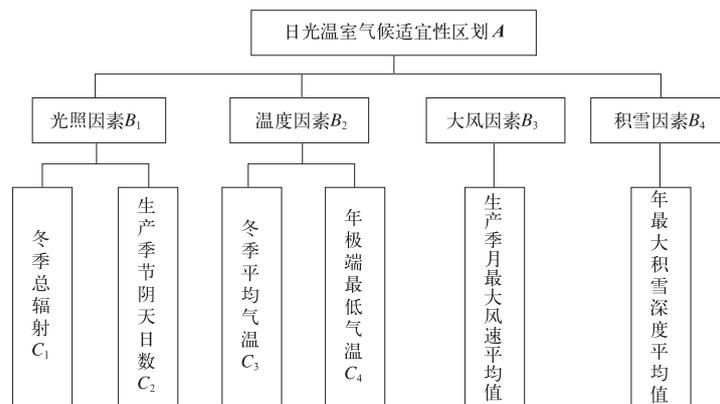


图2 气候适宜性区划的指标体系递阶层次结构

Fig. 2 Hierarchical structure of climatic suitability zoning indexes

2.2.2.2 构造判断矩阵

判断矩阵表示对上一层某个因素而言, 本层次中与其有关的各个因子之间的相对重要性。本文在向有关专家咨询后, 根据专家打分的结果, 将准则层中各因素相对于目标层而言进行两两比较, 对准则层中各因素相对重要性给出一定的判断, 采用 Satty 提出的 1~9 比率标度法^[31]进行定量化, 形成了准则层 **B** 对目标层 **A** 的判断矩阵^[32](表2)。同时, 该判断矩阵满足以下特征: $A_{ii} = 1$; $A_{ij} = 1/A_{ji}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$; $j = 1, 2, 3, \dots, n$); $A_{ij} \geq 0$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$; $j = 1, 2, 3, \dots, n$)。其中, i, j 表示在判断矩阵中

因子所处的行列数。

表2 A-B 的判断矩阵

Table 2 Judgment matrix of A-B

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	1	1	1	1
B ₂	1	1	2	2
B ₃	1	1/2	1	1
B ₄	1	1/2	1	1

2.2.2.3 计算单一准则下元素的权重并进行一致性检验

① 计算单一准则下元素的权重。

构造出比较判断矩阵后,通过求解判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量,可计算出与本层次有联系的元素的权重值,权重值反映了这些相互联系的元素的相对重要性。

本文采用方根法^[33]求解判断矩阵的最大特征根和特征向量。计算包括以下步骤:

- 计算判断矩阵各行元素乘积,

$$M_i = B_{i1} \times B_{i2} \times \dots \times B_{in} \quad (3)$$

- 计算 M_i 的 n 次方根 \bar{W}_i ,

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (4)$$

- 对向量进行归一化处理,

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i} \quad (5)$$

得到 $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)$ 为所求特征向量的近似值,即各因素权重。

- 计算判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} ,

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(AW)_i}{nW_i} \right] \quad (6)$$

式(6)中, $(AW)_i$ 为向量 AW 的第 i 个元素。

对于上述的表 2 $A-B$ 判断矩阵,根据式(3)~(6),计算其最大特征根 $\lambda_{\max}=4$,对应的特征向量为 $(0.244, 0.345, 0.205, 0.205)$,即相对于总目标,光、温、风、雪 4 个因素的相对重要性权重值分别为 $0.244, 0.345, 0.205, 0.205$ 。

② CR(Consistency Ratio)检验。

为了判别权重是否合理,需要对判断矩阵进行一致性检验,检验公式为

$$R_C = I_C / I_R \quad (7)$$

$$I_C = \frac{1}{n-1} (\lambda_{\max} - n) \quad (8)$$

其中, R_C 为判断矩阵的一次性比率; I_C (Consistency Index)为判断矩阵的一致性指标,由式(8)计算得到; I_R (Random Index)为判断矩阵的平均随机一致性指标(表 3); λ_{\max} 为矩阵的最大特征根; n 为因子个数。

当 $R_C < 0.1$ 时,认为判断矩阵具有满意的一致性,说明权数的分配合理,否则就需要对判断矩阵进行调整,直到满足一致性要求为止。当 $n < 3$ 时,判断矩阵永远具有完全一致性。表 2 $A-B$ 的判断矩阵的 $R_C = 0.022556 < 0.1$, 通过一致性检验。

同样,依次构造出指标层 C 与准则层 B 之间的判断矩阵,计算相应判断矩阵的最大特征根及其特

征向量并进行一致性检验(表 4)。由表 4 可知, $B-C$ 的判断矩阵中, $\lambda_{\max}=2, R_C=0 < 0.1$, 通过一致性检验。

表 3 平均随机一致性指标 I_R 表
(1000 次正互反矩阵计算结果)

Table 3 Average random consistency index I_R
(the 1000 positive reciprocal matrix calculation results)

矩阵阶数	I_R
1	0.00
2	0.00
3	0.52
4	0.89
5	1.12
6	1.26
7	1.36
8	1.41
9	1.46
10	1.49
11	1.52
12	1.54
13	1.56
14	1.58
15	1.59

表 4 $B-C$ 的判断矩阵

Table 4 Judgment matrix of $B-C$

B_1	C_1	C_2	B_2	C_3	C_4
C_1	1	1/2	C_3	1	1/2
C_2	2	1	C_4	2	1

2.2.2.4 计算组合权重并进行总的一致性检验

上述步骤的计算结果表示的是同一层次的各元素对支配其的某一元素的权重值,为了进行具体方案的选择,必须计算方案层各元素对于目标的权重,即进行组合权重的计算。组合权重的计算要自上而下将单一准则下的权重逐层进行合成,同时进行总的一致性检验。最后得到方案层(指标层)6 个区划指标对气候适宜性的影响权重(表 5), $R_C = 0.025566 < 0.1$, 通过一致性检验。

表 5 层次分析法确定的指标权重

Table 5 Index weight determined by analytic hierarchy process method

层次	代号	该层次权重	相对目标权重
$A-B$	B_1	0.244	0.244
	B_2	0.345	0.345
	B_3	0.205	0.205
	B_4	0.205	0.205
B_1-C	C_1	0.333	0.081
	C_2	0.667	0.163
B_2-C	C_3	0.333	0.115
	C_4	0.667	0.230

2.2.3 气候适宜性区划综合指标值的确定

考虑到均值化的影响和指标性质可知,均值化后的冬季总辐射(C_1)值越大越适宜日光温室的发展,而均值化后的生产季阴天日数(C_2)、冬季平均气温(C_3)、年极端最低气温(C_4)、生产季月最大风速平均值(B_3)、年最大积雪深度平均值(B_4)的值越小越适宜日光温室的发展(注:不考虑均值化的影响,冬季气温 C_3 和年极端最低气温 C_4 越高,越适宜温室发展。但由于研究区域 C_3 和 C_4 的平均值均为负,故根据2.2.1中的均值化方法,冬季平均气温和年极端最低气温越高,均值化后的值 C_3 和 C_4 越小)。因此,将表5的权重系数代入式(1)后解析为

$$Y = 0.081 \times C_1 + 0.163 \times (1 - C_2) +$$

$$0.115 \times (1 - C_3) + 0.230 \times (1 - C_4) +$$

$$0.205 \times (1 - B_3) + 0.205 \times (1 - B_4) \quad (9)$$

将表1的指标界限值均值化处理后代入式(9),得到综合气候指标值 Y 的不同等级的界限值:当 $Y \geq 0.463$ 时,为最适宜区;当 $0.463 > Y \geq -0.089$ 时,为适宜区;当 $-0.089 > Y \geq -0.582$ 时,为次适宜区;当 $Y < -0.582$ 时,为不适宜区。

2.3 区划结果

通过计算每个格点综合气候指标值 Y ,并对照 Y 的不同等级的界限值,在GIS技术支持下^[34],对研究区域日光温室发展的气候适宜性进行最适宜、适宜、次适宜和不适宜4个等级的划分,区划结果见图3。

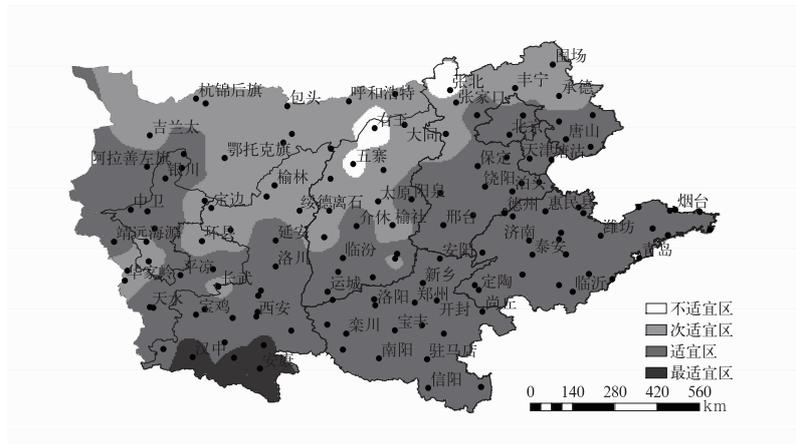


图3 日光温室气候适宜性区划图

Fig. 3 Climatic suitability zoning map of solar greenhouse

如图3所示,综合考虑光、温、风、雪4个气候要素对日光温室发展的影响时,我国北方绝大部分地区气候条件优越,适宜发展日光温室。最适宜发展区主要集中于陕南盆地,此区域热量充足、风雪压小,冬季温室生产的保温要求低,因此温室生产的成本低,但光照资源相对比较匮乏,阴雨雪天气引起的寡照及低温是主要的不利气候条件,温室设计和建造时要尽可能考虑增加光照。适宜发展区分布在内蒙古阿拉善高原南部、黄土高原西部和南部(包括宁夏、陇东、关中、陕北的延安、山西的临汾运城盆地、豫西)以及华北平原地区,此区域光照条件优于最适宜发展区,太阳辐射总量大、日照时间长、光热资源配置良好,纬度高的地区温度略低,冬季温室生产需注意保温。其中,关中平原、河南、冀中冀南、鲁西南地区冬春季节时有寡照灾害,在温室设计和生产中应注意采光;河南、冀中等地区雪压较大,温室建造

还应注意雪荷载,发生强降雪天气要及时清扫,防止积雪过重压垮棚室;宁夏、天津、山东半岛沿海温室建造要注意风荷载,阿拉善高原因常年大风频繁,日光温室发展不多,目前多为牧区。内蒙古中部、陕北、晋北、冀北高原光照条件较好,但寒冷季节需加温才能保证温室内作物安全越冬,可发展日光温室进行春提前、秋延后的作物栽培,因此,综合评定为次适宜发展区。不适宜发展区分布在晋北的右玉、五寨、河北坝上的部分地区,此区域纬度高、海拔高,冬季温室生产受低温威胁大,另外,部分地区风速很大,也是不适宜日光温室发展的重要原因。

上述区划结果总体上与实际情况相吻合,但也有局部地区与实际生产情况不同,如陕西南部。从区划结果看,陕南是最适宜区,但实际上,陕南地区的气候条件较好,露天的蔬菜生产较多,日光温室农业需求不是很大;另外,陕南地区冬季日光温室生产

中低温寡照灾害还是比较严重的,为了防治灾害,导致生产成本较高,产品品质下降,产业整体效益不能令人满意。因此,日光温室在陕南实际发展的并不是很多。

3 典型区域日光温室气候适宜性区划

前面区划结果相对比较笼统,适宜和次适宜区占了绝大部分,虽然对宏观决策有较好的参考价值,但不能很好地反映出具体差别,在各地实际生产中需要更为细致的区划结果。为此,选取了研究区域范围内具有不同气候特征的宁夏和甘肃的陇东地区、陕西、河南,分别作为 3 个独立的典型研究区域进行进一步的区划(各典型区域气候特征值见表

6)。同时,考虑到实际生产中往往一次大风或强降雪天气就会对温室建筑造成损毁导致室内作物受害且我国的日光温室寿命一般为 5~10 年,因此,对典型区域进行区划时,涉及到大风和积雪因素对温室发展的影响,分别选择 5 年一遇最大风速和 5 年一遇最大积雪深度作为区划指标,并结合对北方地区这两项气候特征值的统计分析及温室的相关灾情报道^[35-36]确定了其界限值(表 7)。然后,根据各典型区域不同气候条件对日光温室发展的影响状况,充分考虑各自发展日光温室的气候优劣势,综合权衡,利用层次分析法赋予区划指标相应的权重(表 8),采用加权指数求和的评价方法,借助 GIS 技术平台,对各典型区域进行日光温室气候适宜性区划(区划结果见图 4)。

表 6 各典型区域气候特征值

Table 6 Index values in typical study areas

气候特征值	宁夏和陇东地区		河南		陕西	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均
生产季太阳总辐射/(MJ·m ⁻²)	2557~2964	2785	2115~2525	2326	2299~3385	2639
冬季总辐射/(MJ·m ⁻²)	881~1010	941	680~859	755	634~971	859
1月总辐射/(MJ·m ⁻²)	281~325	304	218~282	243	205~317	279
生产季总日照时数/h	966~2133	1491	934~1179	1059	641~1497	1082
生产季阴天日数/d	22~76	41	68~886	77	33~123	75
冬季日照时数/h	393~644	575	339~469	398	223~598	431
1月日照时数/h	130~218	194	107~160	133	76~206	147
冬季平均气温/℃	-6.72~-0.12	-4.34	0.64~3.94	2.26	-6.28~4.95	-0.21
1月平均气温/℃	-8.61~-1.70	-6.29	-0.96~2.36	0.64	-8.83~3.63	-2.00
年极端最低气温/℃	-23.46~-11.85	-19.15	-12.5~-7.35	-10.01	-24.10~-4.69	-13.43
5年一遇最大风速/(m·s ⁻¹)	11.95~23.42	17.17	10.04~18.38	14.94	10.36~20.72	15.73
生产季月最大风速均值/(m·s ⁻¹)	6.64~16.24	11.02	6.74~12.51	9.57	5.66~13.79	9.43
5年一遇最大积雪深度/cm	6.05~17.44	10.29	9.63~19.59	14.35	5.29~14.17	9.61
年最大积雪深度均值/cm	0.62~10.36	4.47	6.43~11.85	9.28	2.46~10.93	6.60

表 7 各典型区域气候适宜性区划指标界限值

Table 7 Limit value of zoning indexes in typical study areas

区划指标	最适宜	适宜	次适宜	不适宜
冬季总辐射/(MJ·m ⁻²)	C ₁ ≥920	920>C ₁ ≥850	850>C ₁ ≥700	C ₁ <700
生产季阴天日数/d	C ₂ ≤30	30<C ₂ ≤52	52<C ₂ ≤80	C ₂ >80
冬季平均气温/℃	C ₃ ≥0	0>C ₃ ≥-5	-5>C ₃ ≥-8	C ₃ <-8
年极端最低气温/℃	C ₄ ≥-10	-10>C ₄ ≥-15	-15>C ₄ ≥-20	C ₄ <-20
5年一遇最大风速/(m·s ⁻¹)	B ₅ ≤14	14<B ₅ ≤17	17<B ₅ ≤20	B ₅ >20
5年一遇最大积雪深度/cm	B ₆ ≤8	8<B ₆ ≤11	11<B ₆ ≤15	B ₆ >15

表 8 各典型区域区划指标的权重

Table 8 Index weight determined by analytic hierarchy process method in typical study areas

地区	冬季总辐射	生产季节阴天日数	冬季平均气温	年极端最低气温	生产季月最大风速均值	年最大积雪深度均值
宁夏和陇东地区	0.117	0.117	0.122	0.243	0.277	0.125
陕西	0.129	0.386	0.063	0.127	0.190	0.105
河南	0.184	0.367	0.055	0.111	0.085	0.198

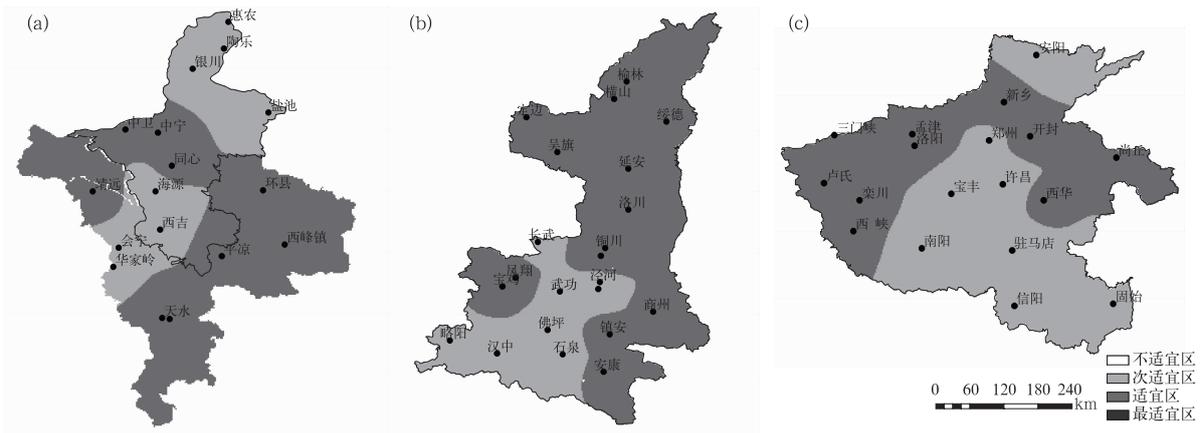


图4 典型区域日光温室气候适宜性区划

(a)宁夏和甘肃陇东地区, (b)陕西, (c)河南

Fig. 4 Climatic suitability zoning map of solar greenhouse in typical study areas

(a)Ningxia and eastern Gansu, (b)Shaanxi, (c)Henan

3.1 宁夏和甘肃陇东地区日光温室气候适宜性区划结果

如图4a所示,宁夏的同心、中宁、中卫,甘肃除华家岭以外的地区,为适宜发展区,此区域太阳辐射强、日照时间长,冬季气温在北方地区相对较高,有利于降低保温增温成本。宁夏北部的银川、南部的海源、西吉以及甘肃的华家岭,丰富的光照资源为日光温室发展提供了优越的条件,但冬季气温较低,加温能耗大,风速和积雪深度也大,为次适宜发展区。

此区划结果与2.3节的区划结果(图3)总体相同,局部略有差异:由于银川年极端低温较低、风速较大,温室生产保温增温及抗风雪荷载能力要求高,由适宜区划归为次适宜区,陇东北部则由次适宜区划归为适宜区。

3.2 陕西日光温室气候适宜性区划结果

如图4b所示,秦岭以北的绝大部分地区(除关中平原的西安外)均为适宜发展区,此区域光照十分充足,有利于设施内部吸收太阳辐射能,进而增温,一定程度上减弱了低温对设施蔬菜的威胁;秦岭及其以南地区为次适宜发展区,雨水和云雾多,光照匮乏,温室生产低温寡照灾害比较严重,且空气湿度大,使得病害较多,产量效益较低。

此区划结果与2.3节的区划结果差异较大(图3显示,陕南为最适宜发展区,关中及陕北的延安为适宜发展区,陕北榆林地区为次适宜发展区),但与陕西省日光温室发展的实际相符合。主要原因在于2.3节中对北方地区日光温室发展气候适宜性区划时,考虑北方地区的总体气候状况对日光温室发展

的影响,温度因素所占权重较大,尤其是年极端最低气温的权重相对较大而陕北地区年极端最低气温低,陕南则很高,温度因素的权重较大就相对减小了光照因素的权重,没有体现出秦岭以北特别是陕北高原光照足、升温快的优势以及陕南光照匮乏的劣势,进而出现了陕北的气候适宜性次于陕南的结果。由此可见,针对典型区域进行的进一步区划,可以更加详细地了解一地气候条件及其组合状况对当地日光温室发展的影响,其区划结果与实际更加相符,在温室生产运行中更具有指导意义。

3.3 河南日光温室气候适宜性区划结果

如图4c所示,黄河以北地区(除东北部的安阳外)、豫西、豫东的北部为适宜发展区,其他地区由于连阴雨雾天气多,日光温室生产低温寡照灾害严重,积雪深度大(豫中、豫南和豫东北的安阳5年一遇最大积雪深度超过15 cm),风速相对较大,为次适宜发展区。

在2.3节对北方地区日光温室气候适宜性区划时,考虑北方地区的总体气候状况对日光温室发展的影响,温度因素占有较大的权重。温度条件较好的河南在2.3节的区划结果中(图3)均划归为适宜区。应注意,对河南来说,若温度因素的权重较大,表征其寡照和积雪灾害等劣势条件的光照和积雪因素的权重就相对减小了,没有体现二者的不利影响。因此,将河南作为典型区域进行进一步区划时,根据其气候条件特点,赋予各个区划指标相应的权重,获得了更加精细的区划结果。

4 结论与讨论

本文研究表明:

1) 采用加权指数求和的评价方法建立综合气候适宜性区划指标模型,借助 GIS 技术平台得到北方地区日光温室发展的气候适宜性区划图,与现有的实际情况总体相符,说明区划指标的选取、指标界限值的划分及采用的区划方法基本合理、可行。

2) 选取具有不同气候特征的典型区域进行精细区划,各典型区域区划结果与大区域的区划结果总体趋势相同,但略有差异。主要原因在于相同气候因素在不同典型区域对日光温室发展的影响程度不同,则相同区划指标在不同典型区域的权重也不同,进而使得区划结果出现差异。

3) 较大范围内进行的区划可在宏观上获得发展日光温室的气候适宜性状况,为北方地区日光温室发展的科学规划和整体布局提供参考依据。而对典型区域的进一步区划,可以更加详细地了解一地气候条件及其组合状况对当地日光温室发展的影响,明确其发展日光温室的总体气候适宜程度及气候优劣势,在温室生产运行中更具有指导意义。

通过尝试利用层次分析法和 GIS 工具,实现了区划指标的定量描述与综合,是区划方法研究的新尝试,为以后此类研究提供了一种有效途径,具有一定的理论和实践意义。应用层次分析法计算权重所需数据量少、评分所需时间短、计算量小,具有较高的可行性和可信度,但由于区划系统本身的复杂程度(信息不全、主观判断的模糊性等问题),区划指标体系的判断矩阵有待于进一步完善。

本文探讨的是采用加权指数求和的评价方法,进行综合气候指标的适宜性区划。一方面,采用综合气候指标能够较全面反映气候条件对日光温室发展的影响,具有很好的指导意义;另一方面,某一地区综合评定为适宜发展区并不代表该区域的各单项指标均为最优,也会存在某方面的气候劣势,实际生产中仍要注意极端气候事件如瞬时大风、强降雪等的影响,防灾减灾。

参考文献

- [1] 陈端生,徐师华,刘步洲.我国加温温室蔬菜合理布局的探讨.农业工程学报,1985,1(2):36-42.
- [2] 张纪增.日光温室栽培区的划分.农村实用工程技术,1991(3):12.
- [3] 崔读昌.中国农业气候学.杭州:浙江科学技术出版社,1999.
- [4] 邱仲华,康永故,王捷,等.甘肃高效节能日光温室区划初报.农业工程学报,1996,12(增刊):143-144.
- [5] 吕国华,汪洪礼,史为民,等.新疆节能日光温室发展区划与结构优化探讨.农业工程学报,1996,12(增刊):48-51.
- [6] 齐玉春.我国东部淮河以北地区节能型日光温室蔬菜生产的气候区划风险初探.北京:中国农业大学,1998.
- [7] 汪李平,向长萍.我国节能型日光温室的气候区划.农业工程学报,1998,14(增刊):36-41.
- [8] 张亚红,陈青云.中国温室气候区划及评述.农业工程学报,2006,22(11):197-202.
- [9] 赵子征.中国西北地区节能型日光温室蔬菜生产气候区划.北京:中国农业大学,2005.
- [10] 魏晓明,齐飞,丁小明.我国设施园艺发展区域适应性的研究.农机化研究,2010,32(5):212-216.
- [11] 朱琳,叶殿秀,陈建文,等.陕西省冬小麦干旱风险分析及区划.应用气象学报,2002,13(2):201-206.
- [12] 郭文利,王志华,赵新平,等.北京地区优质板栗网格农业气候区划.应用气象学报,2004,15(3):382-384.
- [13] 何燕,李政,廖雪萍.基于 GIS 的巴西陆稻 IAPAR-9 种植气候区划研究.应用气象学报,2007,18(2):219-224.
- [14] 陈端生.论加强设施园艺生产气候区划和微气候环境控制研究//工厂化农业可持续发展研讨会论文集.北京:北京出版社,2000:248-253.
- [15] 陆魁东,黄晚华,方丽,等.气象灾害指标在湖南春玉米种植区划中的应用.应用气象学报,2007,18(4):548-554.
- [16] 鲁纯养.农业生物环境原理.北京:农业出版社,1994:23-45.
- [17] 马承伟.农业设施设计与建造.北京:中国农业出版社,2008:24-54.
- [18] 周长吉.对我国“十五”温室产业发展的建议//工厂化农业可持续发展研讨会论文集.北京:北京出版社,2000:235-241.
- [19] 孙智辉,蒋小莉,曹雪梅.延安日光温室室内温度预测方法与指标的确立.中国农学通报,2010,26(15):372-377.
- [20] 孙智辉,李宏群,郑小阳.延安日光温室冬季低温冻害天气分析与预报.中国农业气象,2005,26(3):197-199.
- [21] 崔建云,董晨娥,左迎之,等.外部气象条件对日光温室气象条件的影响.气象,2006,32(3):101-106.
- [22] 魏瑞江,王春乙,范增禄.石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气候的关系.气象,2010,36(1):98-103.
- [23] 赵鸿,张强,杨启国,等.黄土高原半干旱雨养区日光温室小气候分析.应用气象学报,2007,18(5):628-634.
- [24] 刘可群,黎明锋,杨文刚.大棚小气候特征及其与大气候的关系.气象,2008,34(7):102-107.
- [25] 崔海.宁夏 NKWS-III 型日光温室环境特征及其对黄瓜生育生理的影响.银川:宁夏大学,2009.
- [26] 刘克长,张继祥,任宗兴.日光温室气象条件的观测研究.山东农业大学学报:自然科学版,2001,32(1):50-54.
- [27] 许彦平,姚晓红,蒲永义,等.天水日光温室光温生产潜力估算及区划研究.甘肃科学学报,2004,16(1):52-56.
- [28] 魏瑞江,赵春雷.基于 GIS 的河北果菜日光温室最佳发展区

- 域确定. 中国农业资源与区划, 2005, 26(1): 35-38.
- [29] 金志凤, 邓睿, 黄敬峰. 基于 GIS 的浙江杨梅种植区划. 农业工程学报, 2008, 24(8): 214-218.
- [30] 赵艳霞, 何磊, 刘寿东, 等. 农业生态系统脆弱性评价方法. 生态学杂志, 2007, 26(5): 754-758.
- [31] Satty T L. 层次分析法在资源分配、管理和冲突分析中的应用. 许树柏, 译. 北京: 煤炭工业出版社, 1988.
- [32] 李元左, 邱涤珊. 基于广义判断形式的模糊排序方法. 模糊系统与数学, 1997, 11(4): 65-71.
- [33] 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用(第二版). 北京: 高等教育出版社, 1998: 144-176.
- [34] 周秉荣, 李凤霞, 申双和, 等. 青海高原雪灾预警模型与 GIS 空间分析技术应用. 应用气象学报, 2007, 18(3): 373-379.
- [35] 史自航. 发展设施农业应重视防御灾害性天气——2009 年河北省栾城县温室雪灾调查. 新农业, 2010(8): 35-36.
- [36] 魏家鹏, 于贤昌. 近期雪灾对寿光蔬菜日光温室的影响. 中国蔬菜, 2010(9): 7-8.

The Climate Suitability Zoning Method of the Solar Greenhouse in the Northern of China

Zhang Mingjie¹⁾ Zhao Yanxia²⁾

¹⁾ (Hainan Provincial Climate Center, Haikou 570203)

²⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

With the mathematical statistical methods and consideration of the climatic condition requirements of solar greenhouse development, six factors which represent four aspects of light, temperature, wind and snow are chosen as the assessment indices based on the analysis of main climate factors related to solar greenhouse production in the northern of China. They are the total radiation in winter, the number of overcast days in solar greenhouse production season, the average temperature in winter, the annual extreme minimum temperature, the average monthly maximum wind velocity in production season and the average annual maximum snow depth. Then, using weighted index method, an integrated index model of climate suitability zoning is established. Index weights are determined by analytic hierarchy process. And last, a comprehensive climate zoning map of the solar greenhouse development is drawn out with GIS which divides the climatic suitability in this region into four grades: The most suitable, suitable, less suitable and unsuitable. In order to refine the zoning map, Ningxia and eastern Gansu, Henan, Shaanxi with different climatic characteristics in the study area are selected as three typical areas and more detailed climate suitability zoning are carried out, respectively. Results show that for differences of climate resources and their combination conditions, their effects on the development of solar greenhouse are different and weights of the same division index are distinct in different areas. Fine zonings in typical areas can provide more practical guiding significance in greenhouse production run.

In general, the zoning results are in line with the actual situation which proves the selection of index, the division of index thresholds and the zoning method reasonable and feasible. At the same time, the quantitative description and complexity of zoning indexes are realized by AHP and GIS tools. The zoning method not only has solid theory basis, but also is practical. Therefore, this attempt can provide an effective and reasonable way for future research. In addition, some development suggestions are discussed in accordance with the division results, providing reference basis for rationally utilizing climate resources and adjusting the layout for solar greenhouse development reasonably.

Key words: solar greenhouse; climate suitability zoning; weighted index; analytic hierarchy process