

华北地区冬小麦生产潜力数值模拟 及其自然正交分析

邬定荣¹, 刘建栋¹, 刘 玲¹, 姜朝阳¹, 于 强²

(1. 中国气象科学研究院生态环境与农业气象研究所, 北京 100081;

2. Plant Functional Biology & Climate Change Cluster, University of Technology, Sydney, PO Box 123 Broadway, NSW 2007, Australia)

摘 要: 利用自然正交分解(EOF)对由机理性作物生长模型模拟的华北地区冬小麦的光温和气候生产潜力结果进行了分析,揭示生产潜力在时空上的分异规律。首先在中国科学院禹城综合试验站进行了冬小麦田间试验,测定了冬小麦生理生态及干物质积累过程等试验数据。根据试验数据对 WOFOST 模型进行了改进,获取了相关模型参数并对模型进行了充分验证,验证结果表明模型可以较好地模拟冬小麦生长过程。随后利用验证后的 WOFOST 模型模拟了华北地区 42 个站点 1961—2006 年冬小麦的光温生产潜力和气候生产潜力,并对其进行 EOF 分析。结果表明华北地区光温生产潜力呈东北高西南低的变化趋势,气候生产潜力大致呈南高北低的趋势,该结果与以往研究结果较为一致。EOF 分析则表明,影响光温生产潜力最重要的因子是辐射,其次是温度。影响气候生产潜力最重要的是降水,其次是该区域光温条件的综合效应。

关键词: 华北地区;冬小麦;光温生产潜力;气候生产潜力;EOF

中图分类号: S165⁺.27 文献标识码: A 文章编号: 1000-7601(2012)05-0007-08

华北地区是我国冬小麦最重要的主产区,其种植面积和产量均占到全国的 1/2 左右^[1],然而由于受温带大陆性气候影响,近年来该地区干旱频发,加之工业和农业用水不断增加,使得该地区干旱有愈演愈烈的趋势。受干旱及其它气象要素的影响,该地区冬小麦产量年际波动较大。华北地区冬小麦产量的波动对当地乃至全国的经济的发展均有重大影响。探讨该地区冬小麦产量时空变异状况,并在此基础上揭示其时空变化特征,为当地农业生产提供重要的理论决策依据,成为一项重要研究内容。

作物光温生产潜力是产量的理论上限,研究作物光温生产潜力可以找出影响产量的限制因素,有助于探索提高产量的途径与措施,因此建国以来我国科学家对作物光温生产潜力进行了大量研究。竺可桢、黄秉维首先应用统计方法对华北地区的粮食产量进行了初步研究,开创了中国对作物光温生产潜力研究的先河,但由于受到当时基础理论和计算条件限制,此项工作多采用简单阶乘法计算光合及光温生产潜力^[2-3]。20 世纪 90 年代以来,国内学者对国内传统阶乘法及国际上推广的 FAO 等生产力计算方法进行了较为深入的研究,并对模型中的温度、水分、土壤及作物参数进行了相应订正,对我

国多个区域农业生产潜力进行了较全面地系统研究^[4-7]。

然而,以上传统阶乘法及 FAO 方法所采用的均是作物-气象间的统计关系,模型本身不具备相应机理,因此计算值与实际生产力之间尚存在一定差异。随着对作物生理生态机理认识的不断深入,国际上开始利用生理生态模型展开作物生产力研究,经过近 40 年的发展,作物模型已经充分考虑了作物生长与大气、土壤等环境因素相互作用,目前已经成为作物生产力最有力的研究工具。

近 20 年来,我国学者利用作物模型对不同地区不同作物的光温/气候生产力进行了大量研究^[8-12],这些研究有力地揭示了我国目前不同地区不同作物的光温/气候生产潜力水平,为农业决策提供了重要科学依据。但是,由于受到季风气候影响,我国部分地区,特别是华北地区,粮食生产受到当地气象条件显著影响,因气象条件变化粮食产量存在明显的年际波动,这种波动对我国已经相当紧张的粮食安全带来了越来越大的安全隐患^[13]。因此,在研究区域生产潜力水平的基础上,进一步研究生产力的时空变化特征,揭示区域作物生产潜力与气象要素之间的时空变化规律,对农业生产决策将有更

收稿日期: 2012-03-05

基金项目: 中国气象科学研究院基本科研业务费重点项目(2009Z002); 中国气象局重点开放实验室基金项目(AMF200911);“十二五”国家科技支撑计划课题“重大农业气象灾害预测预警关键技术研究”(2011BAD32B02)

作者简介: 邬定荣(1977—),男,博士,副研究员,主要从事作物模型和农业气象资源模拟研究。E-mail: wudr@cma.gov.cn。

通讯作者: 刘建栋(1969—),博士,研究员,主要从事生态模型研究。E-mail: Liujd2001@263.net。

大的现实意义。

本文拟在试验研究的基础上,利用 WOFOST 模型,经过校正与验证,计算华北地区不同年份的光温和气候生产潜力,并利用自然正交分析法对光温和气候生产潜力进行时空展开,以期揭示华北地区冬小麦光温和气候生产潜力在不同区域和不同时间的分布规律,为农业高产、政府决策提供有益参考。

1 模型与方法

作物模型采用荷兰瓦赫宁根大学开发的 WOFOST^[14]。它是一个根据气象和土壤条件模拟作物根、叶、茎、穗生物量及土壤水分动态的模型。模型模拟的过程主要包括叶片的碳同化、同化产物的分配、作物的营养和生殖生长,以及在降水、植物蒸腾、地表蒸发以及土壤底层渗漏、地下水供给共同作用下土壤水分的动态消长等。模型假设作物的生长仅由辐射、温度、水分和土壤养分控制,影响作物生长的其它条件都处在最佳状态。

气象数据为从中国气象局国家级气象资料存储检索系统下载的华北地区 42 个站点 1961—2006 年共 46 年逐日的日照时数、最高最低温度、降水量、风速、水汽压资料。冬小麦的播种期根据崔读昌等编著的《中国主要农作物气候资源图集》确定^[15]。研究中首先利用冬小麦田间观测试验数据对作物生长模型 WOFOST 进行参数化和校正验证,之后用于模拟华北地区 42 个站点冬小麦 1961—2006 年共 45 个生长季的光温生产潜力与气候生产潜力,并对这 2 种产量水平分别进行自然正交(EOF)分解。

2 结果与分析

2.1 模型校正验证

校正与验证的试验在华北地区中部的中国科学院禹城综合试验站的综合观测场进行(116.60°E, 36.57°N, 21.2m a. s. l.)。冬小麦生长的观测除越冬期外,每五天观测一次。观测时从每个处理中随机抽取 10 根单茎,用 LiCor3100 测定绿叶面积,由此计算叶面积指数。随后将这些单茎放入烘箱中干燥 8~10 小时后,测量各部分的干重。土壤水分每五天观测一次,下雨及灌水前后加测一次。气象资料从自动气象观测站获得,包括逐日的最高最低温度、太阳辐射、水汽压、风速和降水量。主要校正的作物特征参数包括不同生育阶段的积温、初始叶面积指数、比叶面积、最大 CO₂ 同化速率、干物质在根茎叶穗上的分配系数、单叶片的光能利用效率等等。土壤参数如田间持水量、枯萎系数和饱和导水率等通过禹

城站土壤取样分析得到。由于本研究拟在揭示大范围区域内的生产力时空变化规律,模型研究所采用的品种应当最大程度地具有区域代表性,因此模型校正及验证中采用了 1999—2001 年 2 套独立观测数据。2000 年的数据用于模型的校正,2001 年的数据用于模型的验证。这两年冬小麦品种均为济宁 142,这是华北平原的当家品种,相比其他年份,该品种在当地播种范围更为广泛,因此更具代表性。试验期间大田进行良好的耕作,防止害虫与疾病的发生。土壤水分含量用中国科学院生产的中子水分仪逐层进行观测,每个土层厚 10 cm,观测深度为 100 cm。当土壤水分不足时,用大水漫灌的方式补足,更详细的场地与实验的布置参见文献[16]。

用 WOFOST 模型模拟冬小麦的生长过程,取模拟结果中的叶面积指数(LAI)、穗重、地上总干物重与实测值进行比较。根据模型对 LAI、穗重和地上部分总干物重模拟的好坏来评价模型的适用性。

图 1 是校正(图 1a, c, e)和验证(图 1b, d, f)的结果。总体说来,校正与验证过程中的模拟值与观测值都吻合很好。模拟的 LAI 与观测值比较一致,但后者的值较低,特别是在冬小麦生长的后期。一个可能的原因是 WOFOST 没有考虑养分、病虫害和耕作措施所致。另外可能还有一个原因就是 WOFOST 没有计算冬小麦无效分蘖的死亡。在每年的 4 月初都有大量的无效分蘖开始死亡,平均每五天分蘖数下降 150 万茎/公顷左右。4 月初换算成出苗后的日期就是 180 天左右,正是模拟值与实测值的差距开始增大的时期。穗重与总干物重的模拟较理想。图 2 是模拟值与观测值的 1:1 图,高的决定系数(R^2)表明了模型在模拟华北地区冬小麦的生长上表现得相当好。

从以上比较中可以看到,WOFOST 模型在模拟中显示出良好的适应性,模拟值与实测值的差距基本上在允许范围内,且模拟中的潜在产量也与近年来高产记录相近。从整个模拟结果来看,WOFOST 基本适合华北地区冬小麦的模拟研究。

2.2 冬小麦光温生产潜力的时空分布特征

对华北地区 42 个站点冬小麦 1961—2006 年共 45 个生长季的光温生产潜力进行 EOF 展开,表 1 列出了前 5 个模态的方差贡献。从表 1 看,前 3 个模态的方差贡献均超过 10%,且累计方差贡献已达总方差的 63.8%,故分析前 3 个模态的变化规律就足以反映华北地区冬小麦光温生产潜力场的主要变化特征。

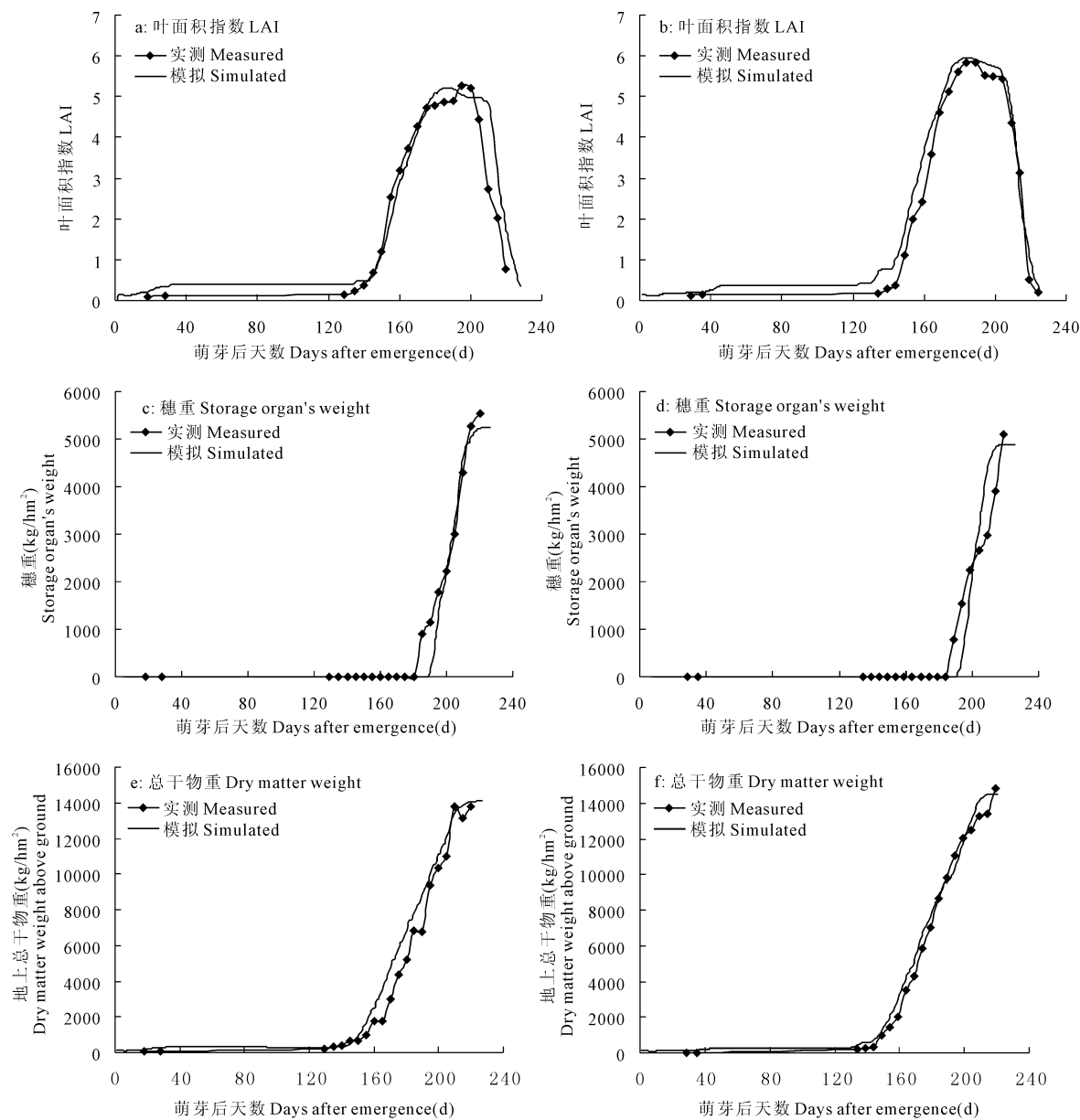


图 1 模拟值和实测值的比较

Fig. 1 Comparison of simulated and measured value

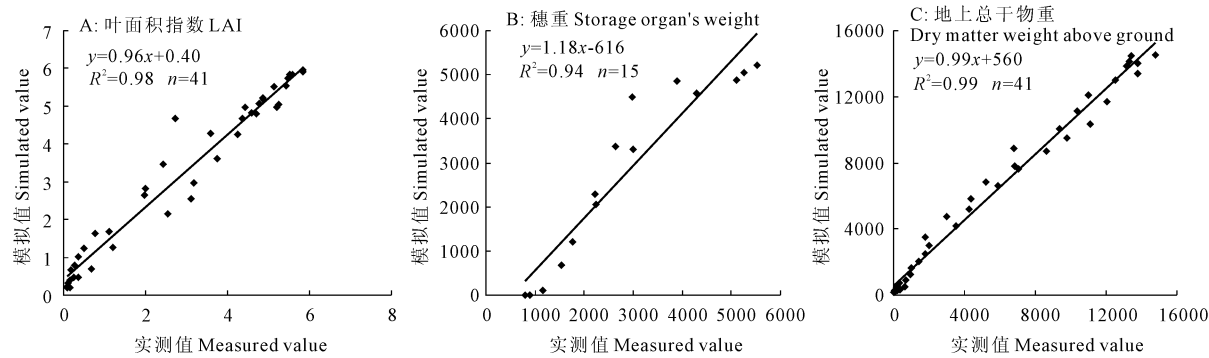


图 2 模拟值和实测值 1:1 比较(*** : $P < 0.001$)

Fig. 2 Comparison of simulated and measured value (1:1 line) (*** : $P < 0.001$)

表 1 光温生产潜力前 5 个模态的方差贡献
Table 1 Variance contribution of the first 5 mode of light-temperature productivity potential

项目 Item	模态 1 Mode 1	模态 2 Mode 2	模态 3 Mode 3	模态 4 Mode 4	模态 5 Mode 5
方差 (%) Variance	36.3	14.8	12.7	5.3	4.3
方差贡献 (%) Variance contribution	36.3	51.1	63.8	69.1	73.4

2.2.1 光温生产潜力的空间分布 华北地区冬小麦的光温生产潜力变化在 6 160~ 13 730 kg/hm² 之间, 平均值为 8 569 kg/hm²。光温生产潜力呈由西南向东北递增的趋势。高值中心在东北角的唐山、龙口、成山头 and 青岛一带。低值中心在西南角的卢氏、栾川和宝丰附近。模拟的光温生产潜力基本正确反映了冬小麦生长季内辐射与热量资源的区域分布趋势。

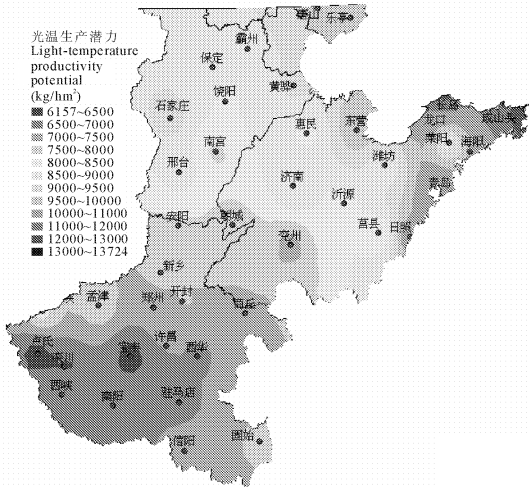


图 3 冬小麦 1961—2006 年平均光温生产潜力
Fig. 3 Light-temperature productivity potential of winter wheat

2.2.2 第一模态及其时间系数 从冬小麦光温生产潜力第一模态的分布图看(图 4), 全区域都为正值, 显示出华北地区冬小麦光温生产潜力的变化具有较好的一致性。这是因为影响光温生产潜力的气象因子仅为辐射与温度, 而这二者在华北地区的区域分布上具有很好的一致性。全区有一处高值中心(新乡、郑州、商丘、驻马店、南阳一带), 两处低值中心(卢氏、栾川一带和济南、沂源、莒县、莱阳一带)。高值区突出了上述地区是光温生产潜力的低值区域, 这些区域生产潜力的绝对值较低。这是因为相对光温生产潜力绝对值高的区域而言, 同等绝对值的波动会引起这些区域更大的相对波动。经分析可以发现, 模态的分布图与冬小麦生长季内辐射的变异系数类似^[17], 因此, 第一模态反映的是以辐射为

主要影响因子的生产潜力的分布。由于第一模态的方差贡献占总方差的 36.3%, 故光温生产潜力在超过 1/3 的年份呈第一模态的空间分布形式。从第一模态对应的时间系数变化曲线看(图 7), 直线拟合方程为: $Y = 0.0646X - 128.17$ 。由于时间系数与模态的乘积基本拟合了华北地区冬小麦的光温生产潜力。因此, 上述规律反映了随着时间的推移, 华北地区光温生产潜力变化并不显著。

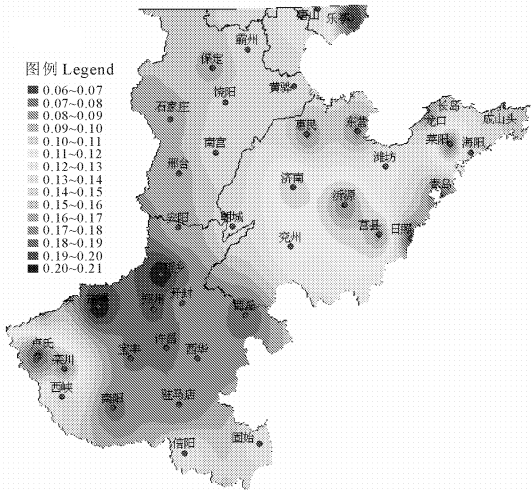


图 4 冬小麦光温生产潜力第一模态分布特征
Fig. 4 The first mode of light-temperature productivity potential of winter wheat

2.2.3 第二模态及其时间系数 从光温生产潜力第二模态分布图(图 5) 看, 全区域有正有负, 总的特点是中部低南北两边高。平原中部大部分地区都是负值, 负值中心在卢氏、栾川附近以及朝城、沂源莒县一带, 这表明光温生产潜力在总趋势一致的情况下, 上述地区还有反相关的趋势。北部正值中心在济南、石家庄和东营一带, 南部正值中心在信阳、固始一带。经比较可以发现, 第二模态的空间分布与冬小麦生长季内℃上积温的变异系数类似^[17], 因此第二模态的物理意义就是在辐射影响下, 温度起重要作用。由于第二模态方差贡献占总方差的 14.8%, 故华北地区冬小麦的光温生产潜力在第一种基本分布形式的基础上, 还有不少年份呈第二模态分布。从第二模态对应的时间系数(图 7) 看, 各年波动较大, 有正有负, 正负的年份较均衡, 其值变化在 - 4.5 到 7.5 之间, 无明显年际变化规律。

2.2.4 第三模态及其时间系数 从光温生产潜力第三模态分布图(图 6) 看, 全区域正负比较均衡, 正负变化幅度在 - 0.25~ 0.26 之间, 总体上呈由西南向东北递增的趋势。高值中心在开封、郑州、许昌、西华一带, 低值中心在霸州、黄骅、惠民一带。第三

模态反映的是各地冬小麦生长季内光温条件组合的变异。从第三模态对应的时间系数(图 7)看,在 1980 年以前以负值为主,负值居多且数值偏大,正值个数虽不少但数值偏小,在 1980 年后以正值为主,正值的个数开始增多,数值偏大,负值个数偏少且数值偏小,因此时间系数呈明显的增加趋势,直线回归公式为: $Y=0.0441X-87.4$ 。

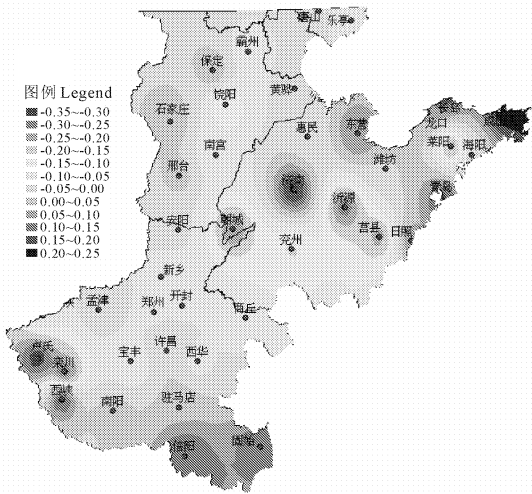


图 5 冬小麦光温生产潜力第二模态分布特征

Fig. 5 The second mode of light-temperature productivity potential of winter wheat

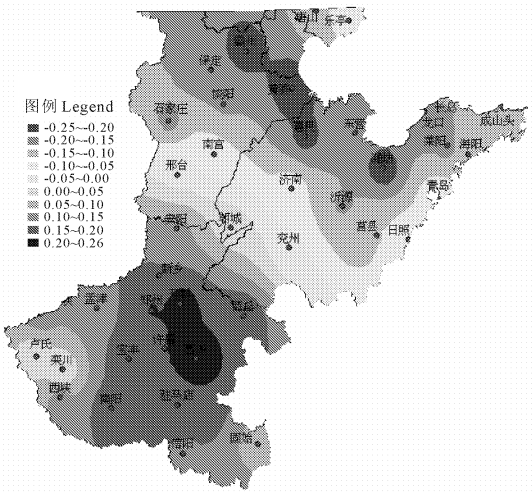


图 6 冬小麦光温生产潜力第三模态分布特征

Fig. 6 The third mode of light-temperature productivity potential of winter wheat

2.3 冬小麦气候生产潜力的时空分布特征

对华北地区 42 个站点冬小麦 1961—2006 年共 45 个生长季的气候生产潜力进行 EOF 展开,表 2 列出了前 5 个模态的方差贡献。从表 2 看,前 3 个模态的方差贡献均超过 10%,且累计方差贡献已达总方差的 55.7%。后两个方差贡献均为 5% 左右,故分

析前 3 个模态的变化规律就基本能反映华北地区冬小麦气候生产潜力场的主要变化特征。

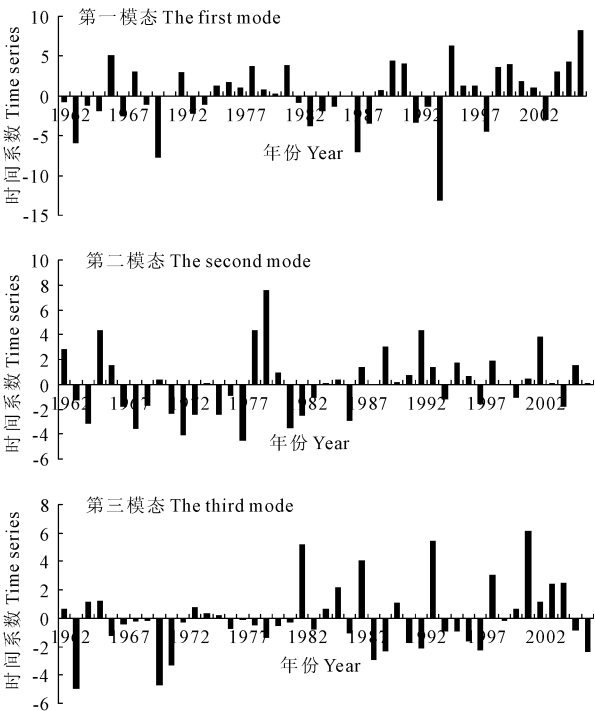


图 7 冬小麦光温生产潜力前三个模态的时间系数

Fig. 7 Time series of first three modes of light-temperature productivity potential of winter wheat

表 2 气候生产潜力前 5 个模态的方差贡献

Table 2 Variance contribution of the first 5 mode of climatic productivity potential					
项目 Item	模态 1 Mode 1	模态 2 Mode 2	模态 3 Mode 3	模态 4 Mode 4	模态 5 Mode 5
方差(%) Variance	33.8	11.8	10.1	5.5	5.0
方差贡献(%) Variance contribution	33.8	45.6	55.7	61.2	66.2

2.3.1 气候生产潜力的空间分布 冬小麦气候生产潜力变化在 1 890~ 6 680 kg/hm² 之间,平均值为 4 110 kg/hm²,大致呈南高北低的趋势。由于气候生产潜力是在光温生产潜力的基础上考虑水分限制的影响,气候生产潜力的区域分布与降水量的区域分布密切相关(图 8),产量高值区在最南部及平原东部的日照等降水丰富的地方,低值区在河南郑州一带及平原北部的黄骅一带,这些区域的降水量较少。相对辐射和热量资源而言,冬小麦生长季内降水量的区域变化幅度更大,因此水分是华北地区冬小麦生长阶段最主要的限制因子。

2.3.2 第一模态及其时间系数 从冬小麦气候生产潜力第一模态的分布图看(图 9),全区域绝大部分地区均为正值,因此华北地区冬小麦气候生产潜

力具有较好的气候一致性。全区大致呈北高南低的趋势,与降水量分布形式相反。低值中心在平原南部固始一带,与其它区域为正值不同的是,该区域的模态值为负值,表明在固始的降水量对气候生产潜力提升作用小于中北部地区。这与实际情况一致,因为固始的多年平均降水量为 800 mm 左右,此时水分不再构成冬小麦产量的限制因子,相反,较多的降水降低了该地区辐射量,进而降低了光温生产潜力,并进而导致气候生产潜力相应降低。由于第一模态的方差贡献占总方差的 33.8%,故气候生产潜力在约 1/3 的年份呈第一模态的空间分布形式。从时间系数变化曲线看(图 12),正值负值年数均等,变化在- 7.6~ 10.8 之间,年际间无明显的增减趋势,说明气候生产潜力多年增减趋势并不明显。

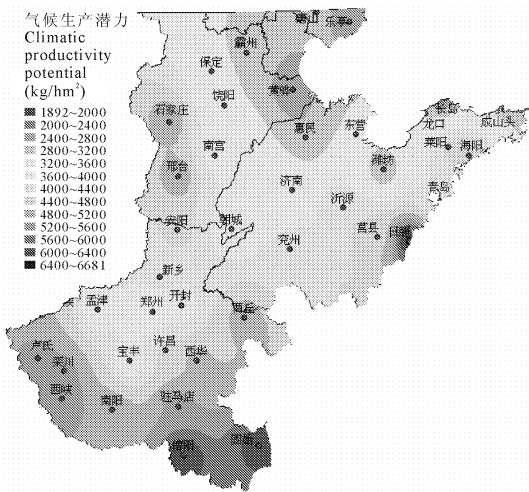


图 8 冬小麦 1961—2006 年平均气候生产潜力

Fig. 8 Climatic productivity potential of winter wheat

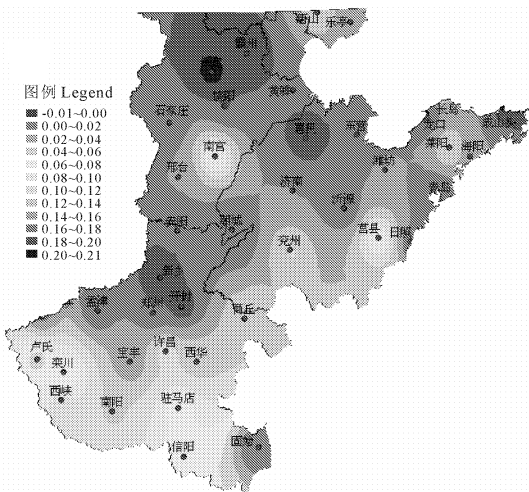


图 9 冬小麦气候生产潜力第一模态分布特征

Fig. 9 The first mode of climatic productivity

potential of winter wheat

2.3.3 第二模态及其时间系数 气候生产潜力第二模态方差贡献占总方差的 11.8%,其分布图(图 10)与光温生产潜力的第三模态(图 6)类似,这如实反映出光温生产潜力是气候生产潜力的基础。全区域正负比较均衡,正负变化幅度在- 0.19~ 0.31 之间,总体上呈由西南向东北递减的趋势。高值中心在许昌、宝丰、南阳、驻马店、西华一带,低值中心在黄骅、惠民、潍坊一带。这表明在总趋势一致的情况下,平原东北部还有反相关的趋势。第二模态对应的时间系数呈微弱且不显著的增加趋势(图 12)。

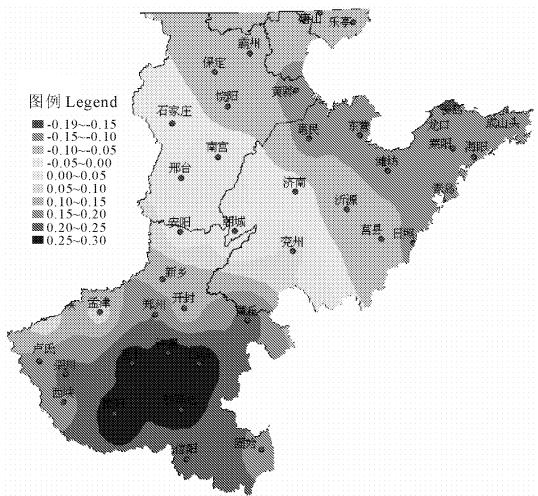


图 10 冬小麦气候生产潜力第二模态分布特征

Fig. 10 The second mode of climatic productivity potential of winter wheat

2.3.4 第三模态及其时间系数 气候生产潜力的第三模态(图 11)在空间上与光温生产潜力的第二模态形似,这表明温度在决定气候生产潜力中起重要作用。全区域有正有负,呈中部低南北两边高的趋势。负值中心是卢氏、栾川、尧州、莒县等,南北两部的正值中心分别是驻马店、信阳及固始一带和唐山、乐亭、霸州一带。由于第三模态方差贡献占总方差的 10.1%,故气候生产潜力在前两种分布形式的基础上,还有不少年份呈第三模态分布。第三模态对应的时间系数,在 1990 年前负多正少,1990 年后正多负少,呈明显的增加趋势(图 12),直线回归公式为: $Y = 0.0762X - 151.2$ 。

3 结论和讨论

1) 华北地区冬小麦光温生产潜力呈东北高西南低的趋势,这与以往的研究结论一致^[17- 18]。EOF 第一模态与冬小麦生长期内辐射变异的区域分布类似,第二模态与 0℃以上积温变异的区域分布类似,这表明辐射是影响光温生产潜力最重要的气象因子,其次是温度。

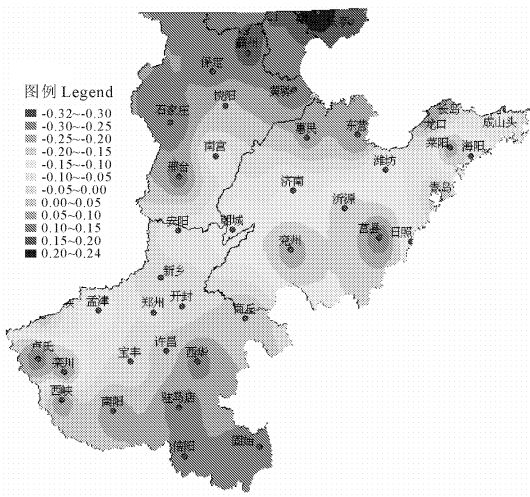


图 11 冬小麦气候生产潜力第三模态分布特征
Fig. 11 The third mode of climatic productivity potential of winter wheat

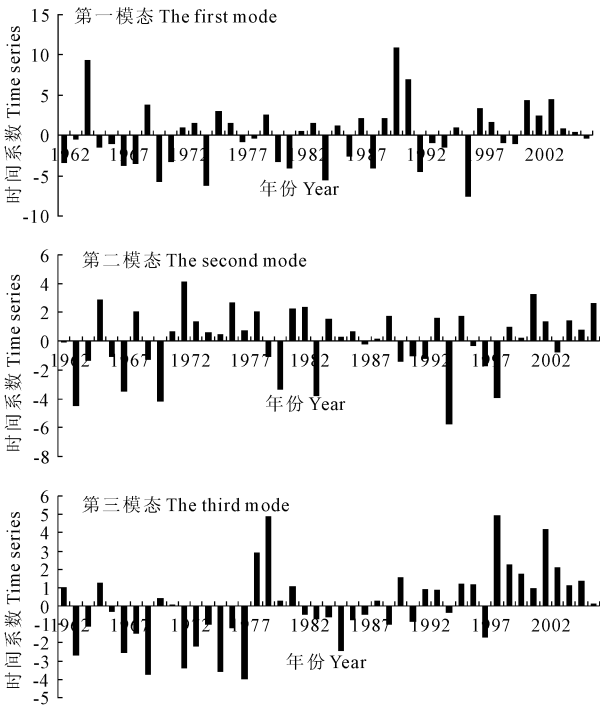


图 12 冬小麦气候生产潜力前三个模态的时间系数
Fig. 12 Time series of first three modes of climatic productivity potential of winter wheat

2) 华北地区气候生产潜力大致呈南高北低的趋势,与降水量的区域分布趋势大体一致,这与以往研究类似^[17-18]。EOF 第一模态与冬小麦生长季内降水量变异的区域分布类似,第二模态与光温生产潜力的区域分布类似,这表明降水量是是影响气候生产潜力的决定性因子,其次是光温条件的综合效应。然而第一模态的值在平原南部固始一带为负值,说明相对华北中、北部而言该地区降水量较多,降水量对雨养产量的提升作用不如平原中北部明

显,此外,较多的雨日使当地辐射量相应减少,进而降低了光温生产潜力。考察平原南部固始站的降水量可知,其冬小麦生育期内平均降水量为 300 mm 左右,高于平原中北部的 100 mm,因此对冬小麦雨养产量的限制远小于平原中北部;

3) 总体来看,EOF 分析正确地反映了光、温、水对冬小麦产量影响的综合关系,并有效地揭示出区域生产力的气象要素影响主导层次,可为区域农业布局提供一定的理论支持及实践指导。

4) 由于试验条件和研究能力的限制,本文只对一个冬小麦品种进行了校正验证,虽然该品种在华北平原具有很大的代表性,但是否能够完全代表整个华北区域则值得进一步商榷。此外,本研究所采用的田间试验其水肥管理均为当时水平,由于不同年代水肥管理差异较大,不同时期作物生产潜力也会因之略有差异。在试验条件具备的前提下,在不同试验地点开展不同品种及不同水肥处理的冬小麦试验,获取更多的试验参数,最大程度地提高模型的区域普适性,应成为未来进一步更加准确地进行作物生产力数值模拟的一个重要研究方向。

参 考 文 献:

[1] 刘荣花,朱自玺,方文松,等. 华北平原冬小麦干旱区划初探[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 140-145.
[2] 竺可桢. 论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系[J]. 地理学报, 1964, 30(1): 1-13.
[3] 黄秉维. 中国农业生产潜力- 光合潜力[A]. 地理集刊(17)[C]. 北京: 科学出版社, 1985: 15-22.
[4] 陶毓汾,王立祥. 中国北方旱农地区水分潜力及开发[M]. 北京: 气象出版社, 1983.
[5] 赵艳霞,王毓棠,刘文泉. 黄土高原的气候生态环境、气候变化与农业气候生产潜力[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 142-146.
[6] 陈 阜. 武川旱农区农田水分生产潜力研究[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(4): 14-18.
[7] 刘建栋,周秀骥,于 强. FAO 生产潜力模型中基本参数的修正[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 240-247.
[8] 刘建栋,于 强,傅抱璞. 黄淮海地区冬小麦光温生产潜力数值模拟研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 169-174.
[9] 刘 刚,谢 云,吴瑞俊,等. ALMANAC 模型对黄土高原玉米、谷子和糜子产量的模拟[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 78-83.
[10] 李忠武,蔡强国,Scott Mitchell,等. 基于 GIS 的黄土丘陵沟壑区作物生产力模拟研究[J]. 生态学报, 2002, 22(3): 311-317.
[11] 王宗明,梁银丽. 应用 EPIC 模型计算黄土塬区作物生产潜力的初步尝试[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 481-487.
[12] 李 军,王立祥,邵明安,等. 黄土高原地区玉米生产潜力模拟研究[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 555-560.
[13] 刘会玉,林振山,张明阳. 基于 EMD 的我国粮食产量波动及其成因多尺度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(5): 745-751.

[14] Supit I, Hooijer A A, Van Diepen C A. System description of the WOFOST 6. 0 Crop Growth Simulation Model[M]. Joint Research Center, Commission of the European Communities, Brussels, Luxembourg, 1994.

[15] 崔读昌, 刘洪顺, 闵谨如, 等. 中国主要农作物气候资源图集[M]. 北京: 气象出版社, 1984.

[16] Yu Qiang, Liu Yunfeng, Liu Jiandong, et al. Simulation of leaf photosynthesis of winter wheat on Tibetan plateau and in North China plain[J]. Ecological Modelling. 2002, 155(2- 3): 205-216.

[17] Wu Dingrong, Yu Qiang, Lu Changhe, et al. Quantifying production potentials of winter wheat in the North China Plain[J]. European Journal of Agronomy, 2006, 24: 226-235.

[18] 陈超, 于强, 王恩利, 等. 华北平原作物水分生产力区域分异规律模拟[J]. 资源科学, 2009, 31(9): 1477-1485.

Yield potential of winter wheat in the North China and its EOF analysis

WU Ding-rong¹, LIU Jiandong¹, LIU Ling¹, JIANG Chao-yang¹, YU Qiang²

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Plant Functional Biology & Climate Change Cluster, University of Technology, Sydney, PO Box 123 Broadway, NSW 2007, Australia)

Abstract: Winter wheat experiments were conducted in the Yucheng Comprehensive Experimental Station, Chinese Academy of Sciences, which located in middle of North China. Measurements include wheat developmental stage and dry matter accumulation. Using the experimental data, crop growth model WOFOST was improved, calibrated and validated. Results showed that the model was suitable for winter wheat simulation in the North China. The model was then used to simulate winter wheat growth and potential and rainfed yield in 42 weather stations from 1961 to 2006 in the North China. Simulated yields were analyzed using Empirical Orthogonal Function (EOF) method. Simulation results showed that potential yield of winter wheat was higher in the northeast and lower in the southwest plain, and the rainfed yield was higher in the south and lower in the north, which are consist with previous reports. EOF results showed that the most important affecting factor of potential yield was radiation; the second important one was temperature. As to rainfed yield, the most important factor was rainfall; the second one was the comprehensive effects of radiation and temperature. Combined with crop model simulation and EOF method, this research showed the impact degree of different climatic factors in different region, and could offer theoretical support and practical guide to the design of regional agricultural layout.

Keywords: North China; winter wheat; potential yield; rainfed yield; EOF

(上接第 6 页)

Analysis of competitiveness and determinant factors of minor grain crop industry in Gansu Province

DOU Xue-cheng¹, GONG Da-xin², GUAN Xiao-kang³

(1. College of Economics and Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

3. School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: The competition dominance of minor grain crop industry in Gansu Province was comparatively analyzed through investigation of consumers and farmers. The resource endowment index, cost and benefit, comprehensive comparative advantage index and econometric model were used to explore the main reason of market competitiveness of minor grain crop industry in Gansu Province. The results showed that the resource endowment index of millet, broom corn millet, buckwheat and fava bean in Gansu was 1. 53, 6. 64, 8. 72 and 3. 9, respectively. The comparative advantage index was 1. 23, 2. 57, 2. 95 and 1. 97 for millet, broom corn millet, buckwheat, and fava bean, respectively. Minor grain crop industry in Gansu Province had competitive potential in resources abundance, cost and benefit, planting scale and output level. The main reasons affecting the market competitiveness of minor grain crops in Gansu Province were consumer's income level, cognition degree, age and level of education. Land scale and proportion of minor grain crop income in total household income significantly affected farmer's will for expanding minor grain crop planting scale.

Keywords: Gansu Province; minor grain crops; competitiveness; determinant factors