

河南省境内淮河南北气候变化的小麦适应度比较

苏坤慧¹, 延军平¹, 白 晶¹, 张立伟¹, 王晓喆¹, 李建山², 田青霞³

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 河南省气候中心, 郑州 450003;

3. 河南省沁阳市第一高级中学, 河南沁阳 454550)

摘 要:适应度是气候变化下适应性研究的关键环节, 本文提出气候变化适应度的概念及其定量评价方法, 并对淮河南北的小麦适应度进行比较分析。结果表明, 目前河南省境内的南北气候分界线并非淮河干流区, 而是由原位置北移约300 km处的最大支流地带, 冬小麦的适应度空间变化大致围绕该分界线呈径向分布。淮河分界线以南地域适应度为62.57%, 高于以北地域的56.81%, 研究结果表明, 欲达到河南农业可持续发展, 距离完全适应仍有较大空间需要人为调控, 且北部相比较南部其调控压力更大。在年际变化上, 随着20世纪80年代气候的突变, 各地小麦温度适应度骤增, 水分适应度骤减, 之后随着气候的日趋稳定, 各气候要素的适应度不断上升, 但在21世纪初上升速度下降, 甚至有降低趋势, 表明气候变暖的环境对小麦的负面影响日渐突出。

关 键 词:气候变化; 适应度; 小麦; 北移; 淮河; 河南省

1 引言

联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)在第四次评估报告中对全球变化的适应定义为^[1]:生态、社会或经济系统响应现实或预计的气候变化及其影响, 旨在减轻危害或开发有利机会以调整自身的行为。近年来, 全球变化的适应性问题受到高度关注, 中国全球变化研究推动与组织者之一叶笃正^[2-4]院士指出:继全球变化基础研究之后, 适应性研究将成为一个独立的重大问题; IHDP(International Human Dimensions Programme)^[5-6]和 IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme)也已把对全球变化的适应研究作为未来研究的主要方向^[7-8]。在探讨全球气候变化适应性问题过程中, 主要以体现全球性特点的小区域作为案例区进行研究, 因此, 本文在以往研究^[9-11]的基础上, 以地处秦岭与淮河流域交汇地带的河南省这一既具有区域性特点又有全球意义的区域作为研究对象, 探讨该地对气候变化的适应性。中国是世界上最大的小麦生产国, 而河南省又是全国小麦第一大省, 在2008年其良种覆盖率达98%, 商品贸易量占全国的45%^[12], 素有“河南麦熟天下足”、“国家粮仓”之美誉, 所以

该区域的小麦生产能否适应气候变化对于全国农业供给举足轻重, 探讨其对气候变化小麦适应度具有重要的现实意义。

2 资料与方法

2.1 资料

本文使用的资料主要包括国家气象信息中心提供的河南省境内淮河流域(图1)及其周围气象站

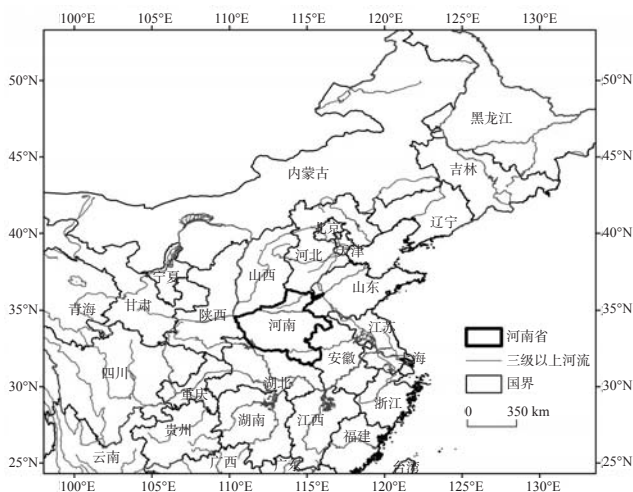


图1 研究区域示意图

Fig.1 Schematic diagram of the observation area

收稿日期: 2011-03; 修订日期: 2011-06.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871052)。

作者简介: 苏坤慧(1987-), 女, 硕士生, 主要研究方向为气候变化与区域发展。E-mail: kunhui.su@gmail.com

通讯作者: 延军平(1956-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事区域自然灾害和区域开发研究。E-mail: yanjp@snnu.edu.cn

点1957-2007年的逐日平均气温、最高气温、最低气温、日照时数、降水量、最大相对湿度、最小相对湿度以及风速等气象资料,以及来源于农业资源网等网站的部分径流系数、作物系数数据。

2.2 方法

本文将按冬小麦发育期(播种-出苗、分蘖、越冬、返青-拔节、抽穗-扬花、灌浆-乳熟)逐一计算其适应度^[13-14],因成熟期的小麦受气候变化的影响较小,在此不予考虑。适应度是指小麦生产适应气候变化的程度,本文旨在计算适宜度的基础上,适时分析小麦生产对各气候要素适应情况,进而针对影响小麦的不同气象要素做进一步适应度处理。该方法在计算作物反应函数的基础上,以正态分布的变化趋势为参考依据并融入模型的设计之中。该方法相比较传统算法更能准确比较出各生长阶段的适应度,也更能观察出不适应的气候因素有哪些,有利于人为提高适应度。

首先,建立小麦适应度模型如下:

$$A_j = C \times (ct \times A(T)_j + cr \times A(R)_j + cn \times A(N)_j) \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_j 表示 j 时期内作物的适应度(Adaption); C 表示非气候因素的综合常数,作物生长是将光、水、热、气、土壤等自然资源转化为有机干物质的过程,其产量高低自然也就取决于作物本身的生理特征、气候、土壤、农业投入以及农业技术等因素,本文着重分析人为难以控制的气候因素,因此可将非气候因素作为一个综合常数 C 考虑^[15]; ct 、 cr 、 cn 分别表示温度适应度、水分适应度及热量适应度^[16]相对于综合适应度的权重,在本文中, $ct=0.415$, $cr=0.18$, $cn=0.405$, $C=1$; $A(T)_j$ 表示同一时期内的温度适应度; $A(R)_j$ 表示水分适应度; $A(N)_j$ 表示热量适应度。

(1) 温度适应度

在温度反应函数基础上,以冬小麦第一生长期(播种-出苗期,一般为10.1-11.20)^[17-18]为例, $A(T)_j$ 计算公式为:

$$A(T) = \frac{1}{50} \sum_{j=274}^{324} \frac{(\bar{T}_j - T_{lj})(T_{2j} - \bar{T}_j)^{B_j}}{(T_{0j} - T_{lj})(T_{2j} - T_{0j})^{B_j}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: j 为日序数; \bar{T}_j 为第 j 日的平均气温; T_{lj} 、 T_{2j} 、 T_{0j} ^[17-18] 分别表示第 j 日作物生长发育的下限温度、上限温度及最适宜温度; B_j 为作物生长阶段的修正指数,在某一定生长阶段为定值,计算公式为:

$$B_j = \frac{T_{2j} - T_{0j}}{T_{0j} - T_{lj}} \quad (3)$$

(2) 水分适应度

依据水分适宜度计算方法做进一步深化,经分析得 $A(R)_j$ 计算公式为:

$$A(R) = \begin{cases} F(R) \times 100\% & F(R) \leq 1 \\ [(1+k) - F(R)] \times 100\% & F(R) > 1 \end{cases} \quad (4)$$

其中, $F(R)_j = 1 - \frac{(1-h)R_j - ET_{cj}}{ET_{cj}} \times k$, 将适宜度

所得值运用以上公式深入处理,得到水分适应度。式中: h 为径流系数^[19]; k 为反映农田水分盈、亏额对产量不同影响的经验参数^[15]; ET_{cj} 为 j 日内作物 c 的需水量^[20],采用联合国粮农组织确定的 Penman-Monteith 为参考作物需水量的计算方法^[21],再通过作物系数^[22]的修正得出不同地域小麦的需水量; R_j 为第 j 日的降水量。

(3) 热量适应度

在热量反应函数^[23]的基础上, $A(N)_j$ 计算方法如下:

$$A(N) = \frac{1}{8} \sum_{j=10}^{5^+} (1 + \frac{n_{Tj} - n_{0j}}{k \times n_{0j}}) \times 100\% \quad (5)$$

式中: j 为生长期内的月份, $j=10$ 意为作物处于播种-出苗期, $j=1^+$ 表示作物处于越冬期的一月份; n_{Tj} 为在第 j 时期内农作物处于有效生育期的日数; n_{0j} 为在同一时期内的日数; k 表示春末、秋初温度较低, k 日的热量积累相当于生长季1日的热量积累,热量变化对生育日数的影响主要表现在春季回暖的早、晚及秋季降温的快慢等方面。

3 冬小麦适应度评价

3.1 温度适应度评价

温度适应度指在自然环境气温不断变化的过

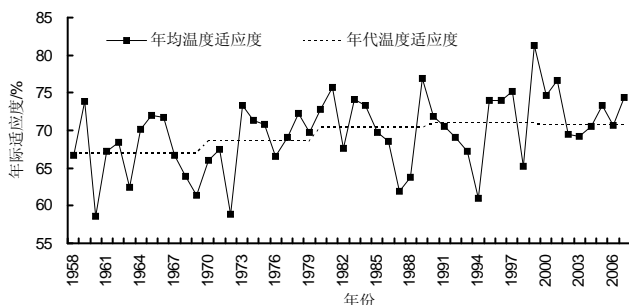


图2 1958-2007年周口站点小麦温度适应度变化趋势
Fig.2 Temporal trend of temperature DA in Zhoukou station, 1958-2007

程中,粮食作物在不同生育期对它的适应程度的综合值。适应度越大,表明当时环境温度越有利于作物生长,反之,则说明单纯从温度来讲作物不太适应当时环境。

3.1.1 温度适应度年际变化

以位于淮河最大支流处的周口站点为例,由图2可知,20世纪70-80年代,小麦温度适应度大幅度递增,表明随着气候变化的突变,作物对于骤增的温度非常适应,单纯的温度升高可提高作物酶活性,有利于作物成长,温度对于该地冬小麦的生长发育来说是起到很强的单方面推动作用的,如果没有其他因素的影响,作物会在此驱动力的作用下持续的保持增产状态;90年代,速度略有下降,但仍呈现上升趋势;21世纪初,适应度相比前几个年代首次出现了下降,表明此时的环境温度已不足以大力促进作物生长,针对这种不适应,应采取相应调控手段以使作物更好的适应环境变化。

经进一步计算,1958-2007年,该地的温度总适应度为69.61%,说明目前在温度不断波动的情况下,该地的冬小麦在温度方面已经适应了69.61%,距离100%的完全适应还剩下约30%的空间需要人为调控,其余各地域变化趋势大体一致。

3.1.2 温度适应度空间年代际变化

图3中,处于最底层的是20世纪90年代温度适应度,表明单纯从气温角度出发90年代的适应强度最大;第二层是21世纪初,自然环境的气温可能超过了作物适宜温度的阈值范围,导致作物对于温度的适应有所回落,从图中可看出,位于右半部分各站点的适应度略小于其左半部分,通过对地理位置逐一排查,认为这些适应度略小的站点均位于淮河分界线以北(特征点卢氏除外),此淮河分界线指的是河南省境内淮河流流量最大的支流区^[24],说明淮河南的小麦对于温度的适应要好于北部;第四、五层分别为60、70年代,在此期间,外界温度没有较大浮动,与其他时期因人为影响不同,该时期适应度基本保持最原始的状态即自然适应,此时的温度较低,不是很有利于作物的成长,适应度自然也较低。

3.1.3 温度适应度空间分布特征

为突出变化幅度,取温度适应度的相对值,得空间插值分布图(图4),由此可见,河南省境内温度适应度强度带是随着时间的推移不断北移的。有研究表明,年平均温度每增加1℃,北半球中纬度的

作物带将在水平方向北移15~200 km,垂直方向上移150~200 m^[25],秦大河也指出近50年中国东部南温带和北亚热带的北界向北扩展了3~4个纬度^[26],约300~400 km。图4也证明了该观点,本文所研究区域的适应度变化即由黑实线原前期淮河分界线北移至虚线处,约300 km。

在本研究区域内,以淮河流流量最大的支流区即黑虚线为分界线,20世纪60年代,分界线以南的大部分区域适应度较北部强;80年代,随着气温骤升的变化,南部作物随之较快的适应,并且温度的提升波及到了分界线以北的地域,导致了温度带的北移^[27-30],分界线周边站点的温度升高,作物自然喜好高温环境,其温度适应度也不断增加,从而促使了整个河南省区域的适应度强度带整体有北移的趋势;90年代,达到了作物适应度的极致;21世纪初,在各方因素的影响下,强度带有所分散,但分界线附近以北地域的适应度相比较60年代来说还是有很大的提升的。

3.2 水分适应度

冬小麦的水分适应度是指在降水量、农田径流量、蒸发量不断变化的过程中,冬小麦在不同生长阶段内适应程度的综合值。水分适应度越大,表明当时当地的农田保水量与作物水分需求量达到了平衡状态,有利于作物生长;反之,单纯从水分方面来讲,表明降水过多或过少,以致被淹或干旱,导致作物呼吸不畅或缺水,不利于其正常生长。

3.2.1 年均水分适应度变化

淮河流域冬小麦的年均水分适应度变化大致

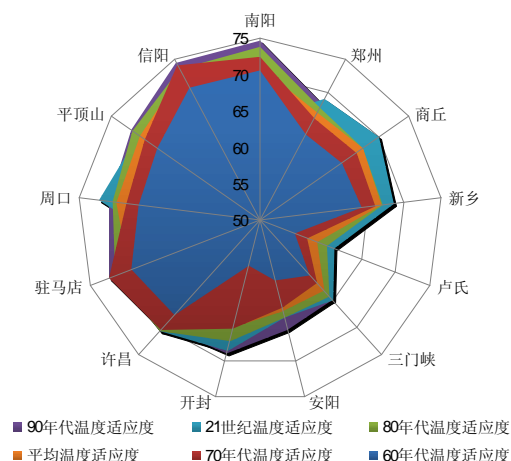


图3 淮河各站点小麦温度适应度年代际变化空间雷达图
Fig.3 Interdecadal variations of temperature DA among stations of the Huaihe River Basin in Henan Province

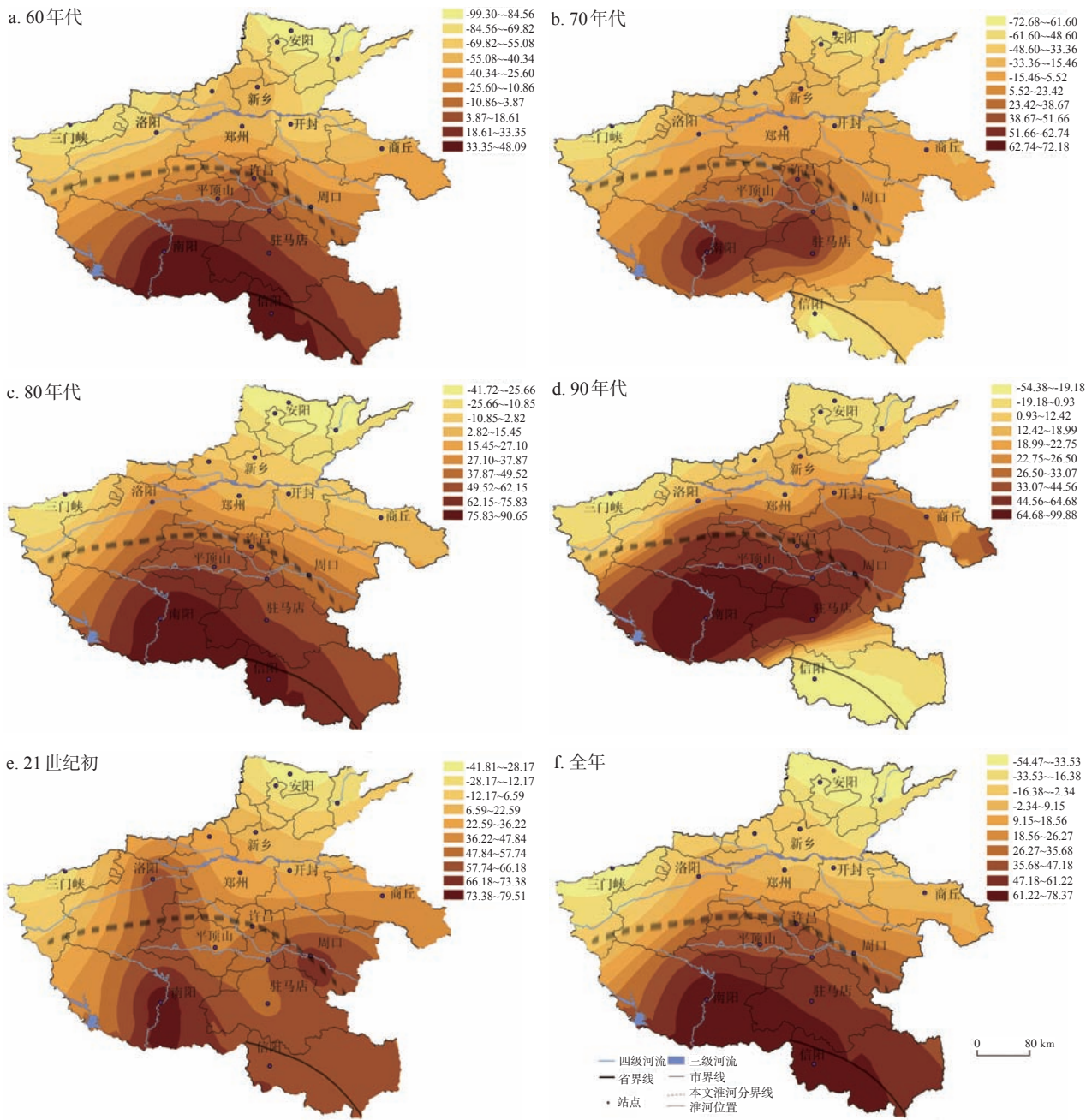


图4 河南省境内淮南北冬小麦温度适应度空间插值分布
Fig.4 Distribution of spatial interpolation of temperature DA of winter wheat between Areas South and North of Huaihe River in Henan Province

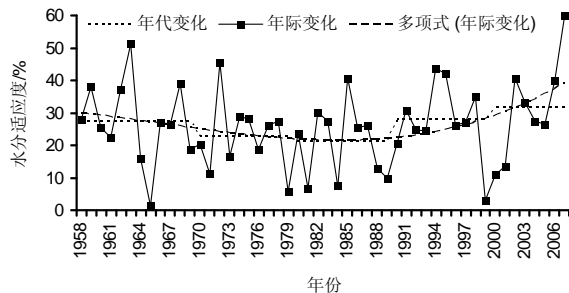


图5 周口站点冬小麦年均水分适应度变化趋势
Fig.5 Temporal trend of moisture DA in Zhoukou station

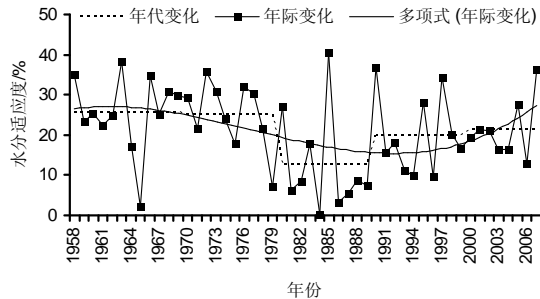


图6 新乡站点冬小麦年均水分适应度变化趋势图
Fig.6 Temporal trend of moisture DA in Xinxiang station

呈现20世纪60年代高-70年代低-80年代最低-90年代回升-21世纪初平稳的变化趋势,周口站点变化幅度较小(图5),由新乡站可明显看出水分适应

度呈现“U”型变化趋势(图6),50年代末-70年代初,除1965年偶发因素以外,小麦的水分适应度都较高且平稳;处于最低端的是80年代,这与当时气候

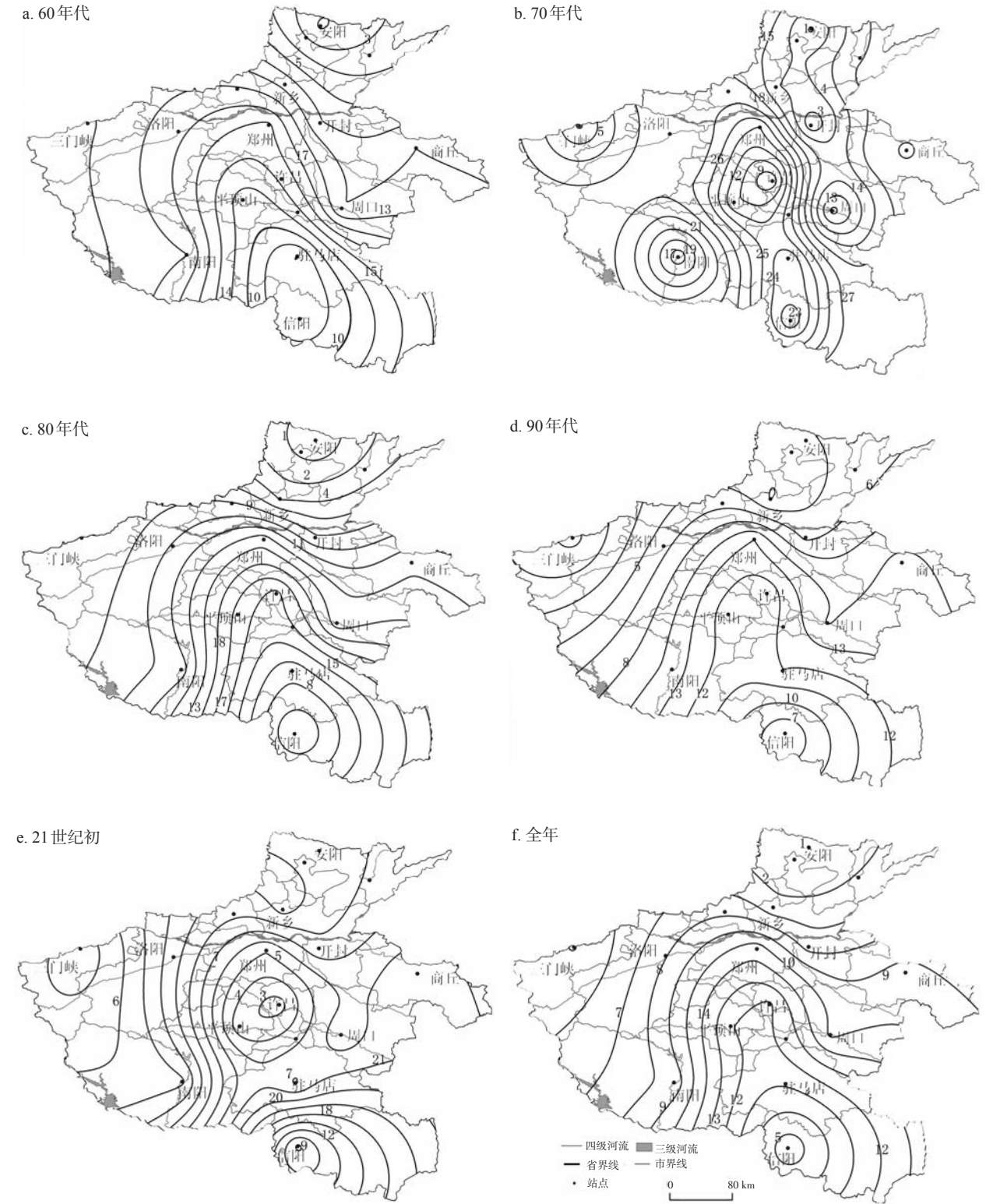


图7 河南省境内淮南北冬小麦的水分适应度空间分布等值图
Fig.7 Distribution of spatial interpolation of moisture DA of winter wheat
between Areas South and North of Huaihe River in Henan Province

突变导致的降水突变有很大关系,对于作物正常生长的水分供给过多或不够,这些都直接间接的导致了水分适应度的降低;从90年代中期,随着气候变化的突变减少,作物的水分适应度也日渐上升。因周口站点位于淮河最大支流上,其水分补给变化不大,所以此处小麦的水分适应度多年来没有淮河以北站点的起伏大。

3.2.2 水分适应度的空间维度分析

由图7可知,河南省境内淮河流域冬小麦水分

适应度等值线规律表现为或闭合或分散,空间迁移按年代顺序大致表现为“分散—闭合—分散—分散—闭合”的特征,位于闭合地域的水分适应度处于极高状态,相应的位于发散地域的水分适应度极低,从水分角度来讲,开放分散地域的作物没有等值线闭合地域的生长态势优良。20世纪60年代,中心地带的水分适应度主要分布在10%~17%;70年代闭合地域的适应度在10%~27%范围内,成为研究时间内适应度最高的时期;80年代降水变率增

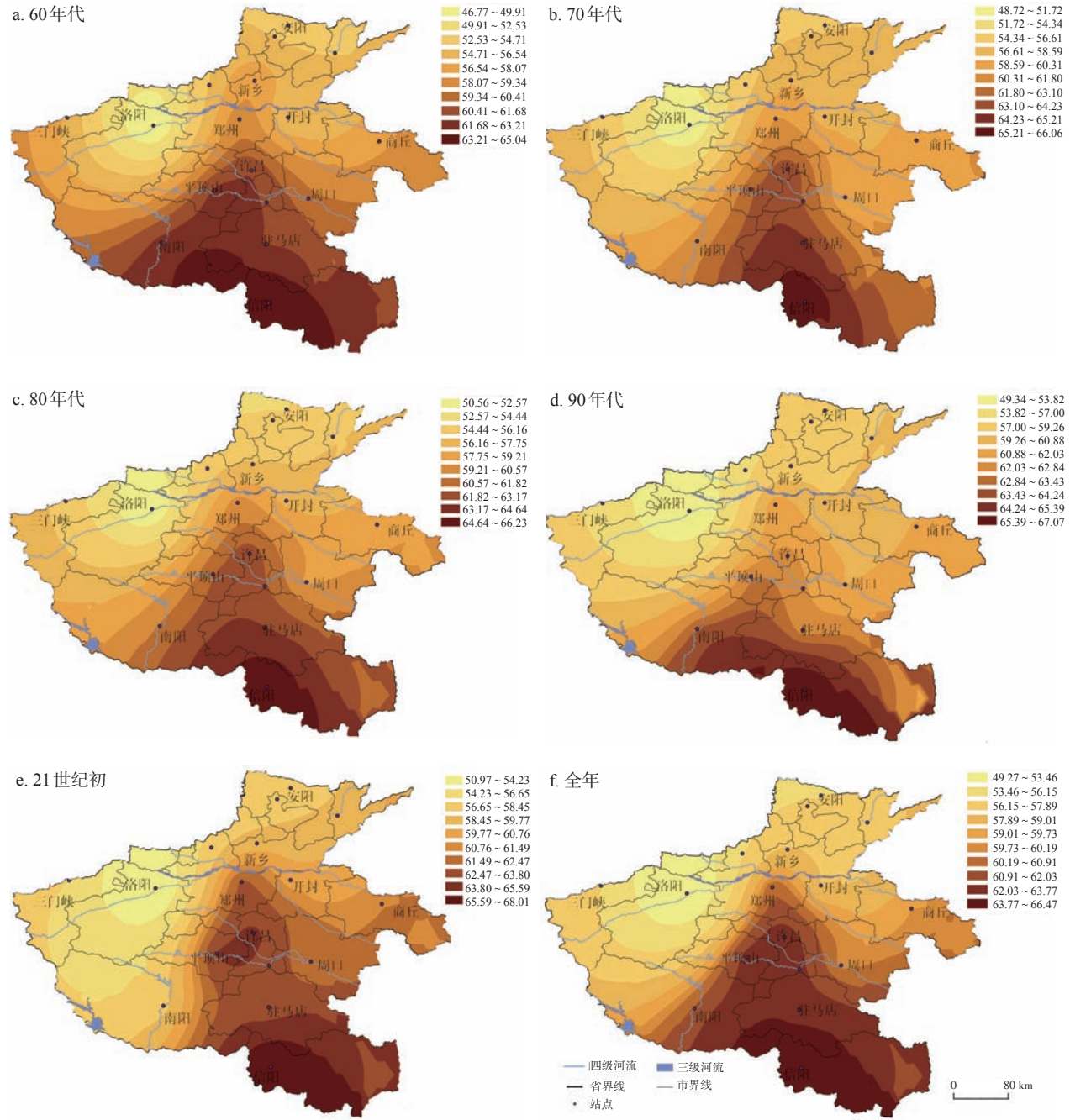


图8 河南省境内冬小麦适应度空间分布插值图

Fig.8 Distribution of spatial interpolation of winter wheat DA in Henan Province

大,使农田的生长环境骤变,所以此时的水分适应度也下降到了极低值8%;90年代,有所回升,中心地带稳定在10%~13%范围内;21世纪初,河南省地域发生了两极分化的现象,以驻马店站点为分界线,以北适应度较低,以南即主要信阳区域水分适应度极高。

总体来看,等值线密集区集中分布在河南省中部地域,即平顶山、许昌、南阳、驻马店及周口等地,此地域为淮河最大支流处,说明受淮河水域的影响各地的适应情况不大相同;另外,因淮河干流水位变化幅度较大,径流系数变化较快,依据公式计算结果可得知冬小麦的适应程度达不到水分的变化速度,导致其水分适应度不高。

3.3 综合适应度

本文将“适应”予以量化,以冬小麦为研究对象,综合反映其在应对自然环境系统变化过程中响应当时气候要素变化的适应程度。由综合适应度可明显看出,当时当地的粮食相对于气候变化适应了 多少,适应度越大,表明环境越有利于作物生长发育,反之则表明冬小麦适应度仍有可以提升的空间。通过比较分析各地域的冬小麦综合适应度,获得整个河南省冬小麦综合适应度分布(图8),分析地域间的冬小麦适应度差异,为各区域冬小麦发育提供不同的适应措施。

3.3.1 综合适应度的时间维度分析

由图9可知,研究年限内冬小麦综合适应度基本上在55%~60%范围内波动,说明尽管气候突变现象导致作物对温度、水分、热量的适应度有着不同程度的突变,但总体来讲,冬小麦综合适应度的波动还是较稳定的。

20世纪60年代,冬小麦综合适应度大致为60%;70-80年代,由于气候突变,小麦在较短时间内不能本能的去适应环境的变化,人为干预也未采取有效措施促进适应,导致冬小麦综合适应度降低;90年代以来,冬小麦本能的不断适应及人为技术的改进在不同程度上提高了冬小麦综合适应度,单从数值上来看,21世纪初冬小麦综合适应度增加至61.64%,仍有38.36%的空间需要去适应,这部分有冬小麦本身可以不断适应的,另有一部分需要人为调控,从而促使冬小麦达到100%的适应。

3.3.2 综合适应度的空间维度分析

由冬小麦综合适应度空间分布(图8)分析得出,冬小麦综合适应度大致表现为由东南向西北方

向不断降低(表1)。淮河以北各地域(郑州站点除外)的冬小麦综合适应度均低于淮河以南,水分适应度普遍较低,特别是洛阳地区,蓄水力较弱,基于此,可采取改良土壤和灌溉条件等调控措施,增加土壤的保水保肥能力。经计算,淮河以北的地域平均综合适应度为56.81%,说明还有43.19%需要人为调控才能达到100%的适应,而南部相比来说适应程度要高,表明北部冬小麦仍需更大力度的调控来适应气候变化,达到可持续发展的压力更大。

从冬小麦适应度年代变迁规律来看,20世纪60年代,较高的适应度范围开始波及河南省大部,70-80年代范围不断缩小,90年代只有淮河分界线偏以南的较小地域保持着较高的适应度,其他各地域都维系在49%~61%的范围内,也正是在这样的压力下,同时因人为增强小麦适应环境能力的不断加强,到21世纪,小麦的高适应度又有所回升,主要表现在淮河分界线处出现了适应度高地。

4 结论与讨论

(1) 目前河南省境内的南北气候分界线并非淮

表1 淮南北冬小麦适应度
Tab.1 DA in areas south and north of Huaihe River in Henan

	站点	水分适应度/%	温度适应度/%	热量适应度/%	综合适应度/%	总适应度/%
淮河以北	洛阳	0.84	56.47	63.32	49.23	56.81
	安阳	17.65	62.68	66.27	56.03	
	三门峡	17.86	62.96	66.39	56.24	
	开封	20.47	66.20	66.85	57.68	
	新乡	18.85	66.69	66.88	58.16	
	商丘	27.88	66.95	66.27	59.64	
	郑州	32.18	66.54	67.36	60.69	
	周口	21.81	69.61	67.39	60.11	
淮河以南	南阳	21.12	72.81	68.72	61.28	62.57
	驻马店	33.83	71.07	68.81	62.30	
	平顶山	34.09	69.88	67.71	62.56	
	许昌	35.95	69.63	67.83	62.84	
	信阳	42.23	72.87	70.35	66.33	

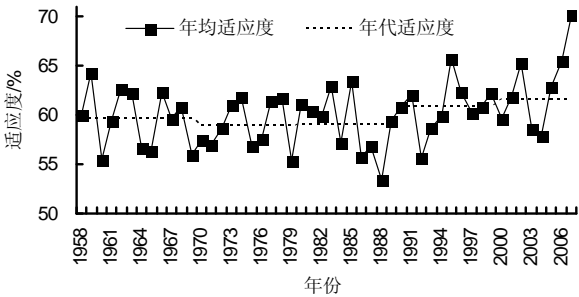


图9 周口站点冬小麦适应度变化
Fig.9 Temporal trend of DA in Zhoukou station

河干流区,而是由原淮河位置北移约 300 km 处,大致为淮河最大的支流沙颍河和秦岭东部分支所连成地带,本文所选站点的冬小麦适应度空间变化也大致围绕在该分界线周围。

(2) 本研究以农田对气候的反应函数为基础理论,首次建立出适合河南省淮河流域的冬小麦适应度模型。尝试将温度适应度模型、水分适应度模型及热量适应度模型综合结合为冬小麦综合适应度模型。除气候因子外,生产管理、科学技术(如品种改良)等因素对作物适应度也有较大影响,本文着重分析人为难以控制的气候因素,将非气候因素作为一个综合常数 C 考虑;尽管作物适应气候因子是非线性的,较难用综合性的适应度值来衡量,然本文旨在分析其相对适应度趋势,以考察该地小麦对于环境的适应程度变化概况,为调控农业政策提供科学依据。

(3) 不同气候要素适应度的年际变化有不同特点。20 世纪 80 年代,随着气候突变温度适应度骤增,而水分适应度骤减,之后随着气候的日趋稳定,水分适应度随着“U”型变化趋势,从最低处的 20 世纪 80 年代开始日趋上升,温度适应度虽也保持不断上升趋势,但在 21 世纪初开始下降。

(4) 小麦适应度在空间分布上表现出淮河分界线以南地域高于以北地域。淮河以北的地域适应度为 56.81%,仍有 43.19% 需要人为调控方能达到 100% 的适应,南部适应程度较高,但也有 37.43% 的空间需要提升,这表明尽管河南作为农业大省,目前生产状况良好,但仍有很大空间可以通过调控措施以使小麦更好的适应环境,且北部调控压力高于南部。

(5) 农业生产力水平的不断提高降低了冬小麦对气候变化的敏感性,也在不同程度上提高了冬小麦适应度,但速度越来越慢,说明气候变暖的环境对于冬小麦的负面影响日渐突出,需要人为调控的力度愈加强烈。在此应注意,针对农业生产的区域性和行业性特点,采取相应的适应性调控措施,如水分适应度过低的地域可以加强水利灌溉或培育耐旱品种等,坚决避免盲目改变种植制度等一刀切的措施,实现在应对气候变化中实现农业的可持续发展。

参考文献

[1] IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Cam-

- bridge, UK and New York: Cambridge University Press, 2007: 76.
- [2] Ye D Z. Global Change and Sustainable Development Research in China. *Advances in Earth Science*, 1999, 14(4): 317-318.
- [3] Ye D Z, Lv J H. Adaptation to the impacts of future global changes and sustainable development. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2000(3): 183-187.
- [4] 符淙斌, 董文杰, 温刚, 等. 全球变化的区域响应和适应. *气象学报*, 2003, 61(2): 245-249.
- [5] 蔡运龙, 李双成, 方修琦. 自然地理学研究前沿. *地理学报*, 2009, 64(11): 1363-1373.
- [6] Walker B H. The resilience alliance. *IHDP Update*, 2003 (2): 12.
- [7] IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS. *Global Change and Earth System*. IGBP Science Series, 2001.
- [8] Chen Y Y. The trends of global change research in China. *Advances in Earth Science*, 1999, 14(4): 3-323.
- [9] 魏凤英, 张婷. 淮河流域夏季降水的振荡特征及其与气候背景的联系. *中国科学: D 辑*, 2009, 39(10): 1360-1374.
- [10] 查小春, 延军平. 全球变化下秦岭南北河流径流泥沙比较分析. *地理科学*, 2002, 22(4): 403-407.
- [11] 延军平. 秦岭南北环境相应程度比较. 北京: 科学出版社, 2006.
- [12] 刘永奇, 王彦武. 2008 年河南经济形势分析与预测. 北京: 社会科学文献出版社, 2008: 113.
- [13] 杨晓光, 于沪宁. 中国气候资源与农业. 北京: 气象出版社, 2006: 96.
- [14] 肖金香, 穆彪, 胡飞. 农业气象学. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [15] 马树庆. 气候变化对东北区粮食产量的影响及其适应性对策. *气象学报*, 1996, 54(4): 484-491.
- [16] 王馥棠. 气候变化对我国农业影响的研究. 北京: 气象出版社, 1996: 58-62.
- [17] 杨晓光, 于沪宁. 北京: 气象出版社, 2006: 96.
- [18] 肖金香, 穆彪, 胡飞. 农业气象学. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [19] 宁远. 淮河流域水利手册. 北京: 科学出版社, 2003: 38.
- [20] 王书华. 区域生态经济理论、方法与实践. 北京: 中国发展出版社, 2008: 99.
- [21] 张守红, 刘苏峡, 莫兴国, 等. 阿克苏河流域气候变化对潜在蒸散量影响分析. *地理学报*, 2010, 65(11): 1363-1370.
- [22] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements//FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and

- Agriculture Organization of the United Nations, 1998, Rome.
- [23] 马树庆, 郭顺姬, 白亚梅, 等. 东北区农业气候土壤资源潜力及开发利用研究. 地理科学, 1995, 15(3): 243-252.
- [24] 苏坤慧, 延军平, 李建山. 河南省境内以淮河为界的南北气候变化差异分析. 中国农业气象, 2010, 31(3): 333-337.
- [25] Newman J E. Climate change impact on the growing season of the North American cornbelt. Biometeorology, 1980, 7(2): 128-142.
- [26] 秦大河. 气候变化: 区域应对与防灾减灾——气候变化背景下极端事件相关灾害影响及应对策略. 北京: 科学出版社, 2009: 45.
- [27] Wu S H, Lin Erda, Xu Y L. Northward-shift of temperature zones in China eco-geographical study under future climate scenario. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(5): 643-651.
- [28] 程岚, 刘丰亮. 冬麦北移及保护性耕作试验研究. 农机科技推广, 2009(2): 39-40.
- [29] 王馥棠. 气候变化对我国农业影响的研究. 北京: 气象出版社, 1996: 62-70.
- [30] Long S P, Ainsworth E A, Leakey A D B, et al. Food for thought: Lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. Science, 2006, 312(5782): 1918-1921.

Comparative Studies on Degree of Adaption of Wheat under Climate Change between Areas South and North of Huaihe River in Henan Province

SU Kunhui¹, YAN Junping¹, BAI Jing¹, ZHANG Liwei¹, WANG Xiaozhe¹, LI Jianshan², TIAN Qingxia³

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Center of Climate in Henan Province, Zhengzhou 450003, China;

3. The First Senior High School of Qinyang in Henan province, Qinyang 454550, China)

Abstract: Degree of adaption is one of the key components of adaptability processes under climate change. In this paper, we established the concepts and methods of degree of adaption (DA) in order to comparably analyze the DA of wheat in area south and north of the Huaihe River in Henan Province. Results demonstrate that the climate dividing line is not the mainstream areas of Huaihe River, but the largest tributary of the area is located in were the further north, about 300 km away from the original zone. And the spatial variation of DA of winter wheat is approximately distributed around this area. The DA of the area, which is to the south of the dividing line of the Huaihe River, is 62.57%, which is higher than 56.81% in the northern area. Therefore there is still a large space which requires the human regulation and control to adapt the wheat to the climate change. And the pressure on human control in the northern area is greater than in the southern. As regards to the annual change, accompanied by the abrupt climate change in the 1980s, the temperature DA surged but the moisture DA plunged. In the following periods when the climate became stable, DA kept an increasing tendency. However the increasing speed of DA declined in the early 21st century when a plunge trend appeared, indicating that the negative impact on wheat from global warming has become increasingly prominent.

Key words: climate change; degree of adaption; wheat; northward-shift; Huaihe River; Henan Province

本文引用格式:

苏坤慧, 延军平, 白晶, 等. 河南省境内淮河北气候变化的小麦适应度比较. 地理科学进展, 2012, 31(1): 63-71.