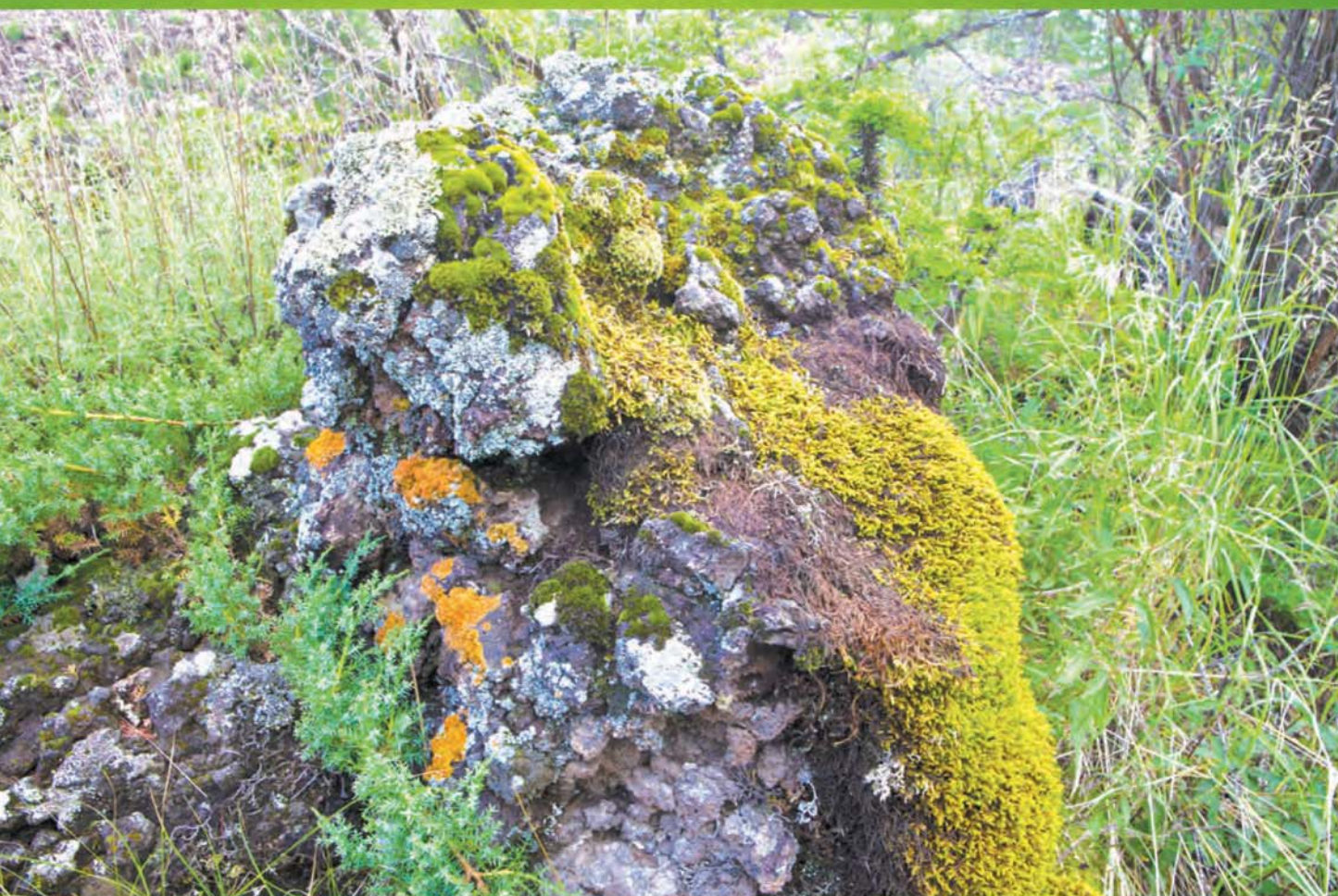


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第6期 Vol.32 No.6 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 6 期

2012 年 3 月 (半月刊)

目 次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例.....	周坚华,魏怀东,陈芳,等 (1663)
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价.....	殷旭旺,渠晓东,李庆南,等 (1677)
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用.....	杞金华,章永江,张一平,等 (1692)
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系.....	杨金鹏,姜勇,胡晓钟 (1703)
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究.....	亓伟伟,牛海山,汪诗平,等 (1713)
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征.....	揭胜麟,樊大勇,谢宗强,等 (1723)
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学特性.....	任玉芹,陈大庆,刘绍平,等 (1734)
强壮前沟藻化感物质分析.....	冀晓青,韩笑天,杨佰娟,等 (1745)
饥饿对中间球海胆 MYP 基因转录表达的影响.....	秦艳杰,孙博林,李霞,等 (1755)
贺兰山牦牛冬春季的生境选择.....	赵宪南,苏云,刘振生,等 (1762)
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象.....	杨立,李维德 (1773)
转 <i>Cry1Ab</i> 和 <i>Cry1Ac</i> 融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响.....	李志毅,隋贺,徐艳博,等 (1783)
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响.....	范凡,任红敏,吕利华,等 (1790)
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用.....	王树娟,段立清,李海平,等 (1796)
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征.....	李海峰,曾凡江,桂东伟,等 (1803)
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析.....	秦晓波,李玉娥,石生伟,等 (1811)
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组剖面分布特征.....	党亚爱,李世清,王国栋 (1820)
紫色土菜地生态系统土壤 N_2O 排放及其主要影响因素.....	于亚军,王小国,朱波 (1830)
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素.....	王芸,欧阳志云,郑华,等 (1839)
基于 K-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图.....	刘鹏飞,宋轩,刘晓冰,等 (1846)
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征.....	杨志敏,陈玉成,张赞,等 (1854)
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响.....	王红光,于振文,张永丽,等 (1861)
江苏省冬小麦渍害的风险区划.....	吴洪颜,高苹,徐为根,等 (1871)
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现.....	郭宇然,王炜,梁存柱,等 (1880)
亚热带 6 种树种细根序级结构和形态特征.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (1888)
高寒草原植物群落种间关系的数量分析.....	房飞,胡玉昆,张伟,等 (1898)
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定.....	孙艳,高海顺,管志勇,等 (1908)
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响.....	王如魁,管铭,李永慧,等 (1917)
基于 cDNA 克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究.....	陈香碧,苏以荣,何寻阳,等 (1924)
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素.....	黄锦学,凌华,杨智杰,等 (1932)
基于 TM 遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究.....	董斌,陈立平,王萍,等 (1943)
基于 CFD 的城市绿地空间格局热环境效应分析.....	刘艳红,郭晋平,魏清顺 (1951)
专论与综述	
生态补偿效率研究综述.....	赵雪雁 (1960)
研究简报	
黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响.....	陈凯,肖能文,王备新,等 (1970)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2012-03	

封面图说: 植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩,而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”,风力使地衣的孢子传入,在一定温湿度环境下,开始出现了壳状地衣,壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入,接着苔藓侵入,是它们启动了土壤的形成,保持了土壤的湿度,并使营养物质反复循环。于是蕨类定居,草丛长了起来,小灌木出现,直到树木生长,最终形成森林。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201102170178

吴洪颜, 高苹, 徐为根, 包云轩. 江苏省冬小麦湿渍害的风险区划. 生态学报, 2012, 32(6): 1871-1879.

Wu H Y, Gao P, Xu W G, Bao Y X. Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1871-1879.

江苏省冬小麦湿渍害的风险区划

吴洪颜^{1,2}, 高 苹^{1,2}, 徐为根¹, 包云轩^{2,3,*}

(1. 江苏省气象局, 南京 210008; 2. 南京信息工程大学江苏省农业气象重点实验室, 南京 210044;

3. 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

摘要:选取能较好反映冬小麦春季湿渍害特征的 3 个气象因子:旬降雨量、旬日照时数和旬雨日,计算了江苏省 1960—2008 期间历年 3—5 月这 3 个因子的逐旬统计值,分析了这些因子与冬小麦气候产量的关系,研究结果表明:(1)春季旬降雨量、旬雨日和旬日照时数对江苏省冬小麦气候产量有显著影响;(2)通径分析显示,旬降雨量和旬日照对气候产量有直接影响,而旬雨日对气候产量有间接影响;(3)构建了一个湿渍害判别指数 Q 用来判别湿渍害发生年份,并结合江苏省各地湿渍害年发生频率和冬小麦气候减产率,建立了冬小麦湿渍害风险指数模型;(4)利用所建风险指数模型对江苏省冬小麦的湿渍害风险进行了区划和评估,并提出了各风险区的防御对策。

关键词:冬小麦;湿渍害;通径分析;风险指数;区划

Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province

WU Hongyan^{1,2}, GAO Ping^{1,2}, XU Weigen¹, BAO Yunxuan^{2,3,*}

1 Jiangsu Province Meteorological Bureau, Nanjing 210008, China

2 Key Laboratory of Agro-meteorology of Jiangsu Province, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

3 College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: Wet damage in spring has been one of the important agro-meteorological disasters in the winter wheat production of Jiangsu Province. In order to reveal the occurrence pattern of the disaster, forage its appropriate monitoring and forewarning indicators, evaluate its hazard risk scientifically and provide the decision-making basis for the prevention from its disaster and the mitigation of its loss, in this paper, three meteorological factors such as ten-day precipitation, ten-day sunshine time, and ten-day rainfall days were selected to characterize the wet damage in spring and their data in all springs during 1960 to 2008 were calculated and used to analyze the relationship between the wet damage and the climate yield of winter wheat in the different regions of Jiangsu Province combined with the path analysis, a statistical method. A wet damage index was quoted to differentiate the effect of wet damage on the yield of winter wheat in the different regions of the province. An hazard risk index of wet damage and its division indicators with three risk grades were suggested to evaluate the hazard risks of the wet damage and decide their regional divisions in the province. Consequently, some results were obtained from this paper. At first, the ten-day precipitation and ten-day rainfall days in spring were remarkable positive related to the climatic yields of winter wheat in the different regions of the province but the ten-day sunshine time was eminent negative related to the climatic yields. The ten-day precipitation and ten-day sunshine time were two direct factors influencing on the climatic yield of winter wheat but the ten-day rainfall days had indirect effect. Secondly, the quoted

基金项目:江苏省科技支撑计划(BE2009680);公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106021)

收稿日期:2011-02-17; 修订日期:2011-10-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: baoyx@nuist.edu.cn, baoyunxuan@163.com

index model of wet damage and its suggested hazard risk index model reflected perfectly the occurrence frequencies of wet damage and the loss situations of winter wheat yield in the different regions of the province. Under the assistance of Arc GIS 9.3, a software of geographical information system, the spatial analysis on the hazard risk index of wet damage showed that the regional difference of the risk index in Jiangsu Province was obvious, the maximum value areas of the risk index distributed in most part of South Jiangsu Province and the western part of the region between the Yangtze River and the Huaihe River, the minimum value areas were the coast regions along the Yellow Sea and the regions surrounding Taihu and the moderate value areas situated in the middle part of the region between the Yangtze River and the Huaihe River and the northern part of North Jiangsu Province. Thirdly, the risk indexes of wet damage and the drop percentages in winter wheat yield in the different regions of the province were synthesized as their risk division indicators of the wet damage and the whole province was divided into the regions of three hazard risk type such as the high hazard risk regions covered the south part of Jiangsu Province and the western part of the region between the Yangtze River and the Huaihe River (giving priority to the region surrounding Hongze Lake), the moderate hazard risk regions included the northwestern part of the province and Lixiahe river regions and the low hazard risk regions situated in Lianyungang Region and the north part of Yancheng Region.

Key Words: winter wheat; wet damage; path analysis; risk index; division

小麦湿渍害是指由于长时间阴雨寡照,地下水位过高,地面排水不畅,造成根层土壤过湿,小麦根系和土壤微生物呼吸不良,引起根系呼吸功能减退,导致植株受伤的一种农业气象灾害。江苏省是全国冬小麦的重要生产基地,受季风气候影响,每年3—5月全省(尤其是淮河以南地区)多阴雨,是冬小麦对湿渍害敏感的时期^[1],长时间阴雨,耕作层土壤湿度过大,根系缺氧乏力,干物质累积少,千粒重下降等^[2],从而导致小麦大幅减产,这已引起许多学者的关注^[3-4]。

近年来,国内外许多学者已对重要农业气象灾害——洪涝和干旱的风险评估进行了大量研究,研究方法各有所长,实际应用效果颇佳^[5-7],尤其是基于RS、GIS技术和自然灾害风险评估方法的多学科集成分析,使得灾害风险评估更加科学、更切合实际^[8-9]。而对于湿渍害这一在我国南方地区较常见的农业气象灾害研究甚少,有限的研究报导多偏重于作物湿害症状鉴定、成灾机理分析、耐湿性品种筛选等^[10-11],在湿渍害发生的气象指标、灾害等级评定、风险区划模型等方面研究极少。黄毓华等在2000年提出了淮河以南地区阴湿害的判别方法,简单适用^[12]。马晓群等对湿渍害判别方法进行改进,确定了安徽省作物渍涝指数,建立了该省冬小麦湿渍害风险评估模型^[13]。盛绍学等对江淮地区冬小麦的渍害指标与风险评估模型进行了研究^[14]。金之庆和石春林研发了江淮平原冬小麦渍害预警系统^[15]。国外部分学者也对湿渍害进行了一些监测、实验和评估研究。Chowdary等利用遥感和GIS技术对印度Bihar邦灌溉需求区的地表和地下渍害发生区域进行了监测和评估^[16]。Dickin和Wright研究了气候变化背景下冬季渍害对英国小麦生长和产量的影响^[17]。Li等围绕小麦花后生长期的湿渍预处理对小麦耐湿性的改进进行了一系列实验研究^[18]。

综观国内外有关作物湿渍害的研究,目前为止,通过湿渍害发生气象指标确定、风险指数模型构建、灾害风险区划与评估来综合研究作物湿渍害的鲜有报导。因而,本文选取能较好反映春季湿渍害特征的气象因子旬降雨量、旬日照时数、旬雨日,对冬小麦产量与春季旬降水量、旬雨日及旬日照时数之间的关系进行通径分析,以确定湿渍害发生的气象指标;在此基础上,普查江苏省历年湿渍害发生次数,结合冬小麦减产率,揭示其发生规律,建立冬小麦春季湿渍害风险指数模型,对湿渍害风险进行区划和评估,并根据评估结果提出各风险区冬小麦防御和减轻湿渍害的对策,在江苏省冬小麦种植布局的调整、湿渍害的防御方面有着十分重要的实用价值。

1 资料和方法

1.1 资料来源

研究所需的资料包括气象资料和冬小麦产量资料两部分。气象资料为江苏省66个气象台站1960—

2008 年历年 1 月上旬—5 月下旬逐旬降水量、雨日、日照时数资料,由江苏省气候中心提供。相应年份的冬小麦产量资料由江苏省统计局提供。

1.2 数据处理方法

1.2.1 产量结构的组成

产量不仅受社会因素的影响,而且还取决于历年气象条件的优劣。一般将实际产量 y 分离为依社会生产水平而变的趋势产量 y_t 、随历史气象条件而变的气候产量 y_w 和随机误差 ε 三部分,在通常情况下,随机误差 ε 可以忽略不计。其模型为:

$$y = y_t + y_w \quad (1)$$

1.2.2 趋势产量的模拟

自 1960 年以来,江苏省粮食产量上下波动大,难以用一种简单的函数来模拟趋势产量 y_t 。故本文先将产量序列逐步滑动分段,对每段使用灰色系统相应的各年之多个模拟值进行平均,以模拟趋势产量,这种方法简称为基于灰色系统 $GM(1,1)$ 模型的产量逐段滑动平均。之前,曾多次将此方法应用于江苏省的水稻等作物的产量预报,取得了较好的效果^[19]。

1.2.3 气候产量

求得 y_t 后,由(1)式可得气候产量 y_w ,为了消除某一年生产水平变化对当年气候产量 y_w 的“白噪声”干扰,本文使用相对气候产量 $\frac{y_w}{y_t} \times 100\%$ 进行分析。

1.2.4 分析方法

根据韩文革等^[20]、任红松等^[21]提出的多变量关系分析方法,本文在 Excel 中对影响冬小麦产量的旬降雨量、旬日照时数、旬雨日进行多元回归和通径分析,以了解它们对冬小麦产量的影响程度。

1.2.5 湿渍害指数

有研究表明,在综合考虑阴雨天气对农作物生长的影响时,用某一时段累积降雨量、累积日照时数等来探讨其对气候产量的影响,效果不错^[22]。两者综合值可构成湿渍害指数 Q :

$$Q_w = \frac{R - R_0}{R_0} - \frac{S - S_0}{S_0} \quad (2)$$

式中, R 为计算旬的旬降水量, R_0 为常年该旬的旬平均降水量, S 为计算旬的旬日照时数, S_0 为常年该旬的旬平均日照时数。

1.2.6 歉收年平均减产率和发生频率计算

对于某一相对波动的气候产量序列 $\{y_r\}$ 来说,假如定义 $y_r < 0$ 的年份为不利气候条件引起的歉收年。设总样本容量为 t 年, n 为不利气候条件引起的歉收年样本数(即 $y_r < 0$ 的年数),分别定义历史上不利气候条件引起的歉收年的平均减产率为 d ,歉收年发生的频率百分比为 F ,则:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ri}}{n}, y_{ri} < 0 \quad (3)$$

$$F = \frac{n}{t} \times 100\% \quad (4)$$

1.2.7 湿渍害年平均减产率和发生频率的计算

设总样本容量为 t 年, l 为湿渍害导致的歉收年样本数,假设 l 个湿渍害年的气候产量序列为 $\{y_w\}$, $y_w < 0$,在 l 个湿渍害年中,第 j 个湿渍害年的气候产量为 y_{wj} , $j=1,2,\dots,l$, $y_{wj} < 0$,所有湿渍害导致的歉收年的平均减产率为 d_w ,湿渍害年发生的频率为 $F_w(\%)$,湿渍害发生年数占总歉收年数的百分比为 F_{wn} ,则:

$$d_w = \frac{\sum_{j=1}^l y_{wj}}{l}, y_{wj} < 0 \quad (5)$$

$$F_w = \frac{l}{t} \times 100\% \tag{6}$$

$$F_{wn} = \frac{l}{n} \times 100\% \tag{7}$$

1.2.8 风险指数的定义

气象灾害风险评估,既要分析灾害频率,又要考虑受灾的强度——减产率,因此,对二者综合分析,确定风险指数是十分必要的。风险指数一般包括风险指标和综合指标两部分,前者是从作物产量风险构成角度来描述风险的,而后者用来反映各风险指标的综合作用。本文拟采用湿渍年减产率指标来反映各地区的灾害发生强度,将湿渍年数占歉收年总数的百分率作为灾害发生频率。因此,提出风险指数(K)的定义为:

$$\text{风险指数}(K) = \text{湿渍年平均减产率}(d_w) \times \text{湿渍害年发生频率}(F_w) \tag{8}$$

上述趋势产量、气候产量、湿渍害指数、歉收年发生频率及其平均减产率、湿渍害年发生频率和平均减产率、风险指数都是针对某一县或某一地区而言的,全省各县或地区的这一系列数据可以形成各变量的空间分布,从历年的空间分布可以分析它们的时空变化规律。

2 结果与分析

冬小麦湿渍害发生的直接原因是耕作层渍水,其受降雨量的影响最大,而光照不足则导致拔节、孕穗期的小麦叶绿素含量减少,光合作用减弱,影响穗数、穗粒和粒重,最终导致产量下降。因此,采用通径分析方法,研究分析与湿渍害关系密切的气象要素(降雨量、雨日及日照)对小麦生长的影响,易发现各要素对产量影响的直接效应和间接效应,剔除多重共线性的自变量,对冬小麦湿渍害的风险研究更科学、更精确。

2.1 反映湿渍害的气象因子及其与冬小麦气候产量的关系

选择江苏省 13 个地区 49a 的春季(3—5 月)各旬的降雨量、日照和雨日等气象因子,通过其与冬小麦气候产量关系的通径分析(表 1、表 2)发现:除连云港地区在降雨因素上外,其他地区的相关性基本一致,即旬降雨量、旬雨日与气候产量呈负相关;旬日照时数与气候产量呈正相关。原因可能是连云港地区地处南暖温带季风性气候区的东海岸,多低山丘陵,春季降雨量和雨日均是全省最少,出现易旱难渍涝的局面。

表 1 宿迁、镇江地区气象因子与冬小麦产量之间关系的直接通径系数和相关系数

Table 1 Direct path coefficient and correlation coefficient between the meteorological factors in the springs (from 1960 to 2008) and the yield of winter wheat in Suqian Region and Zhengjiang Region of Jiangsu Province

地区 Region	变量 Variable	旬雨日 Ten-day rainfall days	旬日照时数 Ten-day sunshine time	旬降雨量 Ten-day precipitation
宿迁	直接通径系数	-0.0657	0.39556	-0.18386
	相关系数	0.06979	0.4102	-0.31377
镇江	直接通径系数	-0.0358	0.25924	-0.39008
	相关系数	-0.5099	0.53376	-0.58003

表 2 宿迁、镇江地区气象因子对小麦产量的间接影响排序

Table 2 Ordination for the indirect effect of the meteorological factors on the yield of winter wheat in Suqian Region and Zhengjiang Region

地区 Region	影响因素 meteorological factors	间接通径作用排序 Ordination for the indirect effect	
宿迁	旬雨日	旬日照(0.2057)	旬雨量(-0.07)
	旬日照	旬雨量(0.0487)	旬雨日(-0.034)
	旬雨量	旬日照(-0.1048)	旬雨日(-0.025)
镇江	旬雨日	旬雨量(-0.2279)	旬日照(-0.19611)
	旬日照	旬雨量(0.2474)	旬雨日(0.02708)
	旬雨量	旬日照(-0.16445)	旬雨日(-0.02552)

春季 3—5 月是江苏省冬小麦产量形成的关键期,在合适的温湿条件下,日照时数越多,干物质累积越多,

形成的产量也越高;反之,雨日越多,降雨量越大,对小麦生育和产量形成越不利。对大部分地区而言,旬日照和旬降雨量是影响冬小麦气候产量的主要因素,其中淮北地区日照的影响效应大于降雨量(以宿迁为代表);而沿江、苏南地区,降雨量对气候产量的影响更显著些(以镇江为代表)。春季雨日多少则通过旬降雨量对全省冬小麦气候产量起间接作用,且显著性要小于旬降雨量和旬日照时数。但旬雨日在降雨历时上反映出其独特的作用,这是一种累积灾害效应,不能由旬雨量来代替。

2.2 湿渍害指数与冬小麦气候产量的相关分析

通过计算江苏省 1960—2008 年期间 13 个地区 66 个站的湿渍害指数 Q 值,分地区将影响冬小麦产量的春季主要气象因子、湿渍害指数与冬小麦气候产量进行相关分析后发现:湿渍害指数 Q 与气候产量之间呈显著的负相关,且这种相关性明显地高于单因子旬雨日、旬雨量,部分地区甚至高于单因子旬日照时数(见表 3)。说明用湿渍害指数 Q 作判别指标,可以较好地反映阴雨天气造成的湿渍害对冬小麦气候产量的负面影响。

表 3 中只有位于本省东北部的连云港地区的湿渍害指数、旬雨日、旬降雨量、旬日照均与小麦产量之间没有显著的相关关系,原因主要是由于该地区特殊的地理和气候条件,致其易旱难渍涝,且春季该地区历史上发生湿渍害的频率极低,所研究的 49a 中只有个别年份达到或接近湿渍害标准。

表 3 江苏省部分地区春季气象因子、湿渍害指数与冬小麦产量的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between the meteorological factors in the springs, the wet damage index and the yield of winter wheat in some regions of Jiangsu Province

地区 Region	旬雨日 Ten-day rainfall days	旬日照 Ten-day sunshine time	旬降雨量 Ten-day precipitation	湿渍害指数(Q) Wet damage index
徐州	-0.39731 **	0.47316 **	-0.3746 *	-0.4116 **
连云港	-0.0723	0.1198	0.0585	0.0069
宿迁	0.0698	0.4102 **	-0.3137 *	-0.3844 **
盐城	-0.38811 **	0.42814 **	-0.3565 *	-0.4018 **
南京	-0.52263 **	0.1125	-0.59868 **	-0.6387 **
镇江	-0.5099 **	0.53376 **	-0.58003 **	-0.6128 **
无锡	-0.47662 **	0.1010	-0.44288 **	-0.5069 **

* 为通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, ** 为通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验

2.3 春季湿渍害的发生规律及其对冬小麦产量的影响

2.3.1 湿渍害发生年数占总歉收年数百分比的地理分布

表 4 中数据为江苏省各地区湿渍害发生年数占冬小麦产量总歉收年数的百分比(F_{wn}),它直接反映了湿渍害的发生频率及其对冬小麦产量歉收的影响。分析可见:苏南和沿江地区的湿渍害发生频率高,苏北沿海地区的湿渍害发生频率低;除苏北沿海外,其它地区都在 60% 或 60% 以上,表明湿渍害是江苏省冬小麦因不利气候条件造成歉收的主要因素。

表 4 各地区湿渍害的发生年数占总歉收年数的百分比

Table 4 Percentage of the wet damage occurred years accounting for the reduced years of the winter wheat yield in the different regions of Jiangsu Province

地区 Region	苏州	无锡	常州	镇江	南京	南通	扬州	泰州	盐城	宿迁	淮安	徐州	连云港
$F_{wn}/\%$	69.6	75	68.7	63.2	70.6	61.9	75	71.4	42.1	63.2	60	60	42.8

2.3.2 江苏省歉收年、湿渍害年冬小麦平均减产率的地理分布

针对江苏省冬小麦的歉收年平均减产率及湿渍害年的平均减产率分析,发现:苏南部分地区(除太湖北岸地区外)冬小麦的歉收年平均减产率较高,大于 5.0%;太湖北岸地区、沿江地区东部、苏北沿海的北部地区、淮北的西北角和东北部部分地区的平均减产率低于 3.0%;江淮之间大部 and 淮北大部的平均减产率介于

二者之间,为3%—5%(图1)。对于湿渍害年的平均减产率而言,苏南地区(除环太湖地区外)和江淮西部大于9.4%,其中苏南的部分丘陵地区超过了15.0%;沿江和江淮东部、淮北中西部地区为5.7—9.4%;苏北沿海、环太湖地区及淮北的西北部地区小于5.7%(图2)。两者除在沿江地区、江淮西部地区中等减产率过渡区有少许差异外,其他地区空间分布特征十分相似。表明湿渍害是导致全省小麦主产区产量下降的主要原因之一。

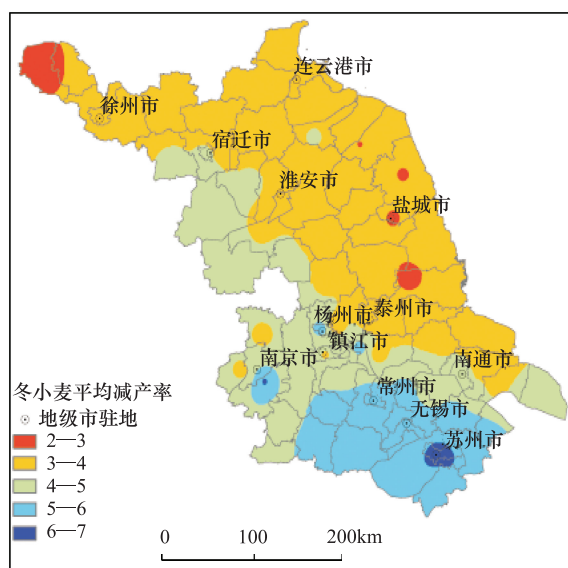


图1 江苏省冬小麦歉收年平均减产率

Fig. 1 Distribution of the average reducing ratio of the winter wheat yield in Jiangsu Province

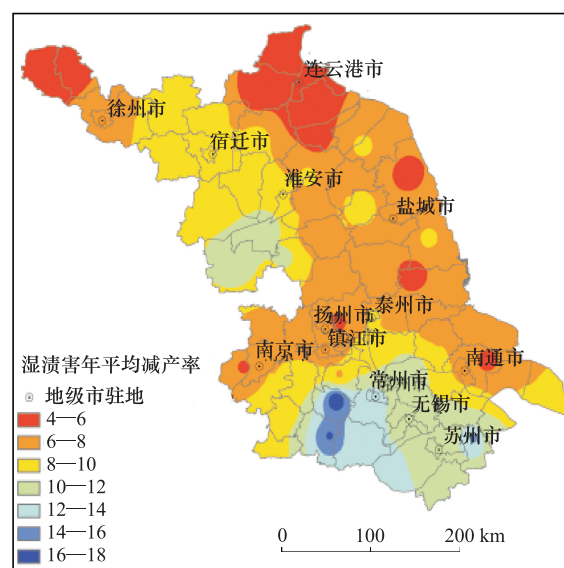


图2 江苏省湿渍害年冬小麦平均减产率分布图

Fig. 2 Distribution of the average reducing ratio of the winter wheat yield in Jiangsu Province during the overcast moist years

2.4 江苏省冬小麦春季湿渍害的风险区划及其评估

2.4.1 江苏省湿渍害风险指数的空间分布特征

根据前述定义的风险指数计算了全省各地(66个县、市)的湿渍害风险指数,并制作了GIS空间分布图(图3)。风险指数的地区差异十分明显,总体而言,江苏省的湿渍害风险从东北向西南递增,最大值出现在苏南的金坛市,达16.6,最小值出现在连云港,仅2.0。苏南大部(除环太湖地区和南京地区西部)和江淮地区西部大于6.0;地处淮北西北部的丰县、东北沿海的连云港地区大部、东南沿海的南通地区东南部及环太湖地区均小于3.0;淮北地区大部、江淮地区中东部、沿江地区大部、苏北沿海的中部地区和南京地区西部介于3.0—6.0之间。

2.4.2 江苏省湿渍害风险区划指标和分区结果

江苏东临黄海,地处长江、淮河的下游,水网交织,地势低洼,土壤类型地带性分布明显,湿渍害发生频繁。综合考虑江苏省湿渍害风险指数的空间分布、各地区气候状况及土壤类型,本文以湿渍害年各地冬小麦气候产

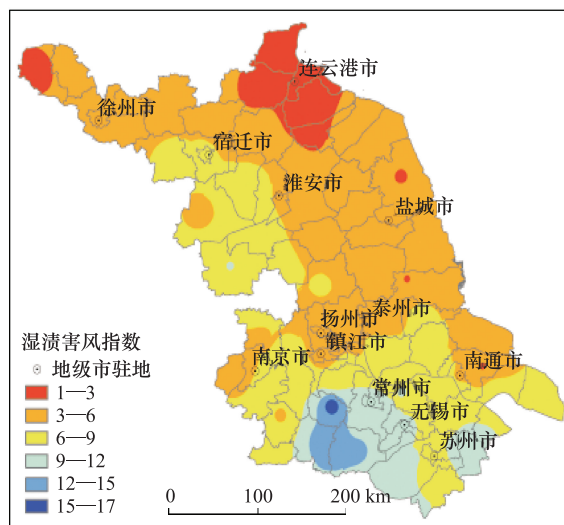


图3 江苏省湿渍害风险指数分布图

Fig. 3 Distribution of the risk index of the wet damage in Jiangsu Province

量减产率(图2)和湿渍害风险指数(图3)为依据,参照过去传统做法^[23]和现在国内流行方法^[24],确定了江苏省冬小麦春季湿渍害的风险区划指标,并制作了相应的风险分布区划图。

将全省分为3个湿渍害风险区:Ⅰ级区为高风险区(风险指数 $K>6.0$,湿渍害年减产率 $Y<-10\%$),Ⅱ级区为中风险区($3.0<K\leq 6.0$, $-10\%\leq Y<-5\%$),Ⅲ级区为低风险区($K\leq 3.0$, $Y\geq -5\%$),结果如图4和表4。

2.4.3 各湿渍害风险区的特点及防灾减灾对策

Ⅰ级风险区

由长江以南和江淮之间西部(洪泽湖地区)两部分组成,属北亚热带湿润气候区,光热条件较好,雨热同季,农业利用有效性高,适宜稻、麦、棉、油的生长。但降水常常时空分布不均,加之区内河网密布,土质粘重低产,洪涝频率较高。区内土壤类型颇多,其中宁镇丘陵地区以黄岗土为主,通透性差,水系难以配套,岗坡地易旱,冲积地易渍;太湖东南的低洼地区主要是囊水水稻土,地下水位高,且地形呈碟形,四周高,中间低,排水不良,有效养分低,低产土比重较大;洪泽湖片区主要为褐土、黄褐土,土质粘重、肥力低,土地资源利用不合理,农田基本建设较差。综合以上分析,本区自然抗灾承灾能力较弱,为江苏省湿渍害风险最高的区域。

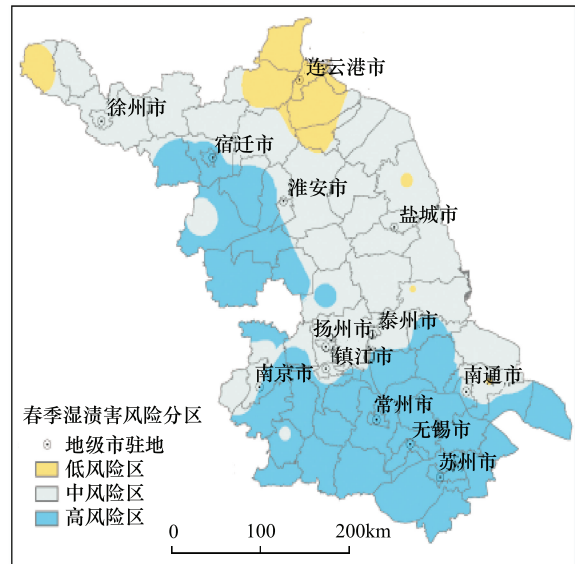


图4 江苏省湿渍害风险分区图

Fig. 4 Division of the occurrence risk for the wet damage in Jiangsu Province

表4 湿渍害风险分区及特征指标

Table 4 Region division for the occurrence risk and the characteristics indices of the wet damage

分区 Division of region	范围 Scope	风险指数(K) Value of risk index	湿渍害年减产率(Y) Drop percentage of wheat yield in wet damage year/%
Ⅰ级 Grade I	镇江、常州、无锡、苏州(太湖除外)以及洪泽湖地区	>6.0	<-10
Ⅱ级 Grade II	南京、扬州、泰州、宿迁、盐城大部、徐州、南通部分地区	$3.0-6.0$	$-5--10$
Ⅲ级 Grade III	连云港、南通南部、盐城部分、徐州西北以及太湖地区	<3.0	>-5

防御对策以积极改善水利设施、加强农田基本建设、保证能灌能排为主;合理轮作,增加土壤有机物质的投入、多选耐湿作物和耐湿品种,以高利用、高投入获得高产出和高效益。

Ⅱ级风险区

包括江苏的西北部和里下河地区。西北部地区过渡性气候特点明显,年际间热量不稳定,降水波动大,区内地形比较复杂,高低相间,岗洼相错,主要为黄泛冲积物经旱耕熟化而形成的潮土类,土壤砂、碱、薄、渍,洪涝、旱灾频发,农业以稻麦两熟为主,渔、牧、林兼有发展;里下河地区是典型的碟型浅洼平原,全区70%的耕地低于外河最高水位,汛期降雨集中,容易旱涝急转。土壤以水稻土、潮土、沼泽土为主,耕地质量较好,潜在肥力较高。本区经过治水改土和培肥改土,抗灾能力增强,湿渍害的风险性明显降低。

防御对策是加强农田基本建设,排涝降渍。农田水利建设坚持以主攻涝渍,旱涝兼治的原则,实行深耕,改善土壤的通透性。充分利用光、热、水资源,合理安排熟制和间套作措施。

Ⅲ级风险区

主要位于江苏省东北部地区,南北狭长,气候差异较大,光、热资源丰富,阴雨少,夏秋两季日照强,温差大,有利于夏秋作物的光合产物积累和农产品品质提高;种植业以棉花为主,盛产啤酒大麦,是全国啤酒大麦

的生产基地。北部地处苏北沿海平原,多为壤土-壤质黏土;南部土壤砂性较重,多为砂壤土,虽雨量偏多,光能资源不及北部丰富但气温高,无霜期长,有利于作物生长。

3 结论与讨论

春季湿渍害是影响江苏省冬小麦产量的主要农业气象灾害,为了探明江苏省冬小麦湿渍害的发生规律及风险分布,本文以 1960—2008 年之间江苏省 66 个台站的常规气象观测资料和同期冬小麦产量资料为基础,构建了一个风险指数,提出了江苏省春季冬小麦湿渍害的三级风险指标,并进行了相应的风险区划和评估。

(1)通过通径分析发现:旬降雨量、旬雨日与气候产量呈显著的负相关,而旬日照时数与气候产量呈显著的正相关;春季日照时数和降雨量是影响冬小麦气候产量的直接因素,而雨日则通过降雨量对气候产量产生间接影响。

(2)所构建的湿渍害风险指数模型反映各地区湿渍害的发生频率及冬小麦产量损失状况。基于 GIS 的风险指数空间分析可得:江苏省冬小麦春季湿渍害风险指数的地区分布差异明显,苏南大部 and 江淮西部地区的湿渍害风险指数最大,东部沿海、环太湖地区最小,江淮中部和苏北北部地区居中。

(3)综合小麦气候产量减产率和湿渍害风险指数作为江苏省冬小麦春季湿渍害风险区划指标,可将全省划分为高度风险区、中度风险区和低度风险区 3 个区。高度风险区位于苏南地区和江淮之间西部(以环洪泽湖地区为主);中度风险区位于江苏的西北部和里下河地区;低度风险区位于连云港地区和盐城地区北部。

本文对春季旬降雨量、旬日照、旬雨日与小麦产量的关系进行了通径分析,不仅明确了湿渍害对江苏省冬小麦产量影响的关键气象要素,而且验证了湿渍害判别指数。虽然冬小麦生长过程遭受不止一种气象灾害的危害,但采用春季湿渍害发生年数占总歉收年数的百分比和湿渍害年小麦气候产量的减产率来计算湿渍害风险指数,既简化了风险评估模型的运算量,又在一定程度上较好地突出了湿渍害对气候产量的影响。

本研究是建立在湿渍害发生规律、湿渍害对作物产量影响分析的基础上的风险区划和评估,与生产实际结合紧密,通径分析简洁明了,GIS 成图直观方便,易于推广。但在成因和灾变机理、监测预警上所反映的信息量相对偏少,有待于今后综合各种信息构建预警预报模型(或系统),对湿渍害灾情进行全方位跟踪和评估则更科学、更具理论和实践意义以及实用价值。

References:

- [1] Chang G R, Yu L Y, Mao M X. Research advances on wet damage of barley. *Barley Science*, 2000(4): 7-9.
- [2] Li J C, Wei F Z, Yu S L, Yu Z W. Effects of waterlogging on filling characteristics and yield in wheat at booting stage. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1999, 26(1): 89-94.
- [3] Xu M, Dai Z X, Li G R. Study on wet damage of wheat in the Southern part of Jiangsu Province. *Soil*, 1994(3): 138-139.
- [4] Chang Z H, He X Y. Influence of wet damage on growing and development of wheat and prevention measures. *Hubei Agricultural Science*, 1991(8): 12-13.
- [5] Huo Z G, Li S K, Wang S Y, Liu J L, Xue C Y. Study on the risk evaluation technologies of main agrometeorological disasters and their application. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(6): 692-272.
- [6] Wan Q. Analysis and Evaluation of Flood Disaster System. Beijing: Science Press, 2000.
- [7] Wang X H, Qiao Y F, Shen R K, Yin Z J, Hu T S. Drought risk assessment model for irrigation region. *Advances in Water Science*, 2004, 15(1): 77-81.
- [8] Chang H, Chang J Q, Han J S. GIS-based assessment and zoning of flood/waterlogging disaster risk: a case study on middle and lower reaches of Liaohe River. *Journal of Natural Disasters*, 2005, 14(6): 141-145.
- [9] Zhou C H, Wan Q, Huang S F, Chen D Q. A GIS-based approach to flood risk zonation. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(1): 15-24.
- [10] Chai Y, He L R, Li Z W, Zeng J G, Guan J, Yu J Q. Preliminary study on the mechanism of water-stress injury in barley. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1993, 15(2): 95-100.
- [11] Wang S G, He L R, Li Z W, Zeng J G, Chai Y R, Hou L. A comparative study on the resistance of barley and wheat to waterlogging. *Acta Agronomica Sinica*, 1996, 22(2): 228-232.
- [12] Huang Y H, Wu J G, Gao P. The method for identification of spring cloudy-moist hazard of wheat in the region to the south of Huaihe River.

- Agricultural Meteorology, 2000, 21(1): 23-26.
- [13] Ma X Q, Chen X Y, Sheng S X. Models of evaluating waterlogging loss of winter wheat in Anhui Province. Journal of Natural Disasters, 2003, 12(1): 158-162.
- [14] Sheng S X, Shi L, Zhang Y L. Study on waterlogging disaster index and risk assessment model of winter wheat in Jianghuai region. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(19): 263-268.
- [15] Jin Z Q, Shi C L. An early warning system to predict waterlogging injuries for winter wheat in the Yangtze-Huai Plain (WWWS). Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(10): 1458-1465.
- [16] Chowdary V M, Chandran R V, Neeti N, Bothale R V, Srivastava Y K, Ingle P, Ramakrishnan D, Dutta D, Jeyaram A, Sharma J R, Singh R. Assessment of surface and sub-surface waterlogged areas in irrigation command areas of Bihar state using remote sensing and GIS. Agricultural Water Management, 2008, 95(7): 754-766.
- [17] Dickin E, Wright D. The effects of winter waterlogging and summer drought on the growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). European Journal of Agronomy, 2008, 28(3): 234-244.
- [18] Li C Y, Jiang D, Wollenweber B, Li Y, Dai T B, Cao W X. Waterlogging pretreatment during vegetative growth improves tolerance to waterlogging after anthesis in wheat. Plant Science, 2011, 180(5): 672-678.
- [19] Tang Z C, Gao P. The piecewise weighting dynamic model for yield prediction of the middle-season rice in Jiangsu. Meteorological Monthly, 1989, 15(11): 30-34.
- [20] Han W G, Yu X Q, Song W. Use of path analysis in yield analysis of spring wheat. Agricultural and Technology, 2007, 27(6): 87-91.
- [21] Ren H S, Zhu J F, Yang B. Yuan J Y, Zhan F Q, Song Y. Application of EXCEL software in path analysis. Agricultural Network Information, 2006(3): 90-92.
- [22] Li S K. Risk Evaluation and Counter-Measures of Agricultural Disasters in China. Beijing: Meteorological Press, 1999.
- [23] Soil Reconnaissance Office in Jiangsu Province. Soil in Jiangsu Province. Beijing: China Agricultural Press, 1995.
- [24] Xi Z X, Wang W Y, Shi X L. Risk evaluation and division of spring drought in Jilin Province. Chinese Journal of Agrometeorology, 2008, 29(1): 119-122.

参考文献:

- [1] 张国荣, 余立云, 毛美新. 大麦湿害的研究进展. 大麦科学, 2000(4): 7-9.
- [2] 李金才, 魏凤珍, 余松烈, 于振文. 孕穗期湿害对小麦灌浆特性及产量的影响. 安徽农业大学学报, 1999, 26(1): 89-94.
- [3] 徐茂, 戴志新, 李桂荣. 苏南地区小麦渍害研究 I. 渍害的成因分析. 土壤, 1994(3): 138-139.
- [4] 张正华, 何霄英. 渍害对小麦生长发育的影响及预防措施. 湖北农业科学, 1991(8): 12-13.
- [5] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 刘锦奎, 薛昌颖. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692-272.
- [6] 万庆. 洪水灾害系统分析与评估. 北京: 科学出版社, 2000.
- [7] 王晓红, 乔云峰, 沈荣开, 尹正杰, 胡铁松. 灌区干旱风险评估模型研究. 水科学进展, 2004, 15(1): 77-81.
- [8] 张会, 张继权, 韩俊山. 基于 GIS 技术的洪涝灾害风险评估与区划研究——以辽河中下游地区为例. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 141-145.
- [9] 周成虎, 万庆, 黄诗峰, 陈德清. 基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究. 地理科学, 2000, 55(1): 15-24.
- [10] 柴友, 何立人, 李正玮, 曾金国, 管健, 余建桥. 大麦湿害机理研究. 西南农业大学学报, 1993, 15(2): 95-100.
- [12] 黄毓华, 武金岗, 高苹. 淮河以南春季三麦阴湿害判别方法的研究. 中国农业气象, 2000, 21(1): 23-26.
- [13] 马晓群, 陈晓艺, 盛绍学. 安徽省冬小麦渍涝灾害损失评估模型研究. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 158-162.
- [14] 盛绍学, 石磊, 张玉龙. 江淮地区冬小麦渍害指标与风险评估模型研究. 中国农学通报, 2009, 25(19): 263-268.
- [15] 金之庆, 石春林. 江淮平原小麦渍害预警系统 (WWWS). 作物学报, 2006, 32(10): 1458-1465.
- [19] 汤志成, 高苹. 江苏省单季晚稻产量预报的分段加权动态模式. 气象, 1989, 15(11): 30-34.
- [20] 韩文革, 于晓秋, 宋伟. 通径分析在春小麦产量分析中的应用. 农业与技术, 2007, 27(6): 87-91.
- [21] 任红松, 朱家辉, 杨彬, 袁继勇, 詹发强, 宋羽. EXCEL 在通径分析中的应用. 农业网络信息, 2006(3): 90-92.
- [22] 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策. 北京: 气象出版社, 1999.
- [23] 江苏省土壤普查办公室. 江苏土壤. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [24] 袭祝香, 王文跃, 时霞丽. 吉林省春旱风险评估及区划. 中国农业气象, 2008, 29(1): 119-122.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 6 March, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data; a case study in Maqu County, Gansu Province, China	ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China	YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought	QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao	YANG Jinpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau	QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China	JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir	REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
Analysis on allelochemicals in the cell-free Filtrates of <i>Amphidinium carterae</i>	JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in <i>Strongylocentrotus intermedius</i>	QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China	ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system	YANG Li, LI Weide (1773)
Effects of insect-resistant transgenic <i>Bt</i> rice with a fused <i>Cry1Ab+Cry1Ac</i> gene on population dynamics of the stem borers, <i>Chilo suppressalis</i> and <i>Sesamia inferens</i> , occurring in paddyfield	LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of <i>Frankliniella Occidentalis</i> (Pergande)	FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV)	WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China	LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil	QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau	DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
N ₂ O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions	YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China	WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
Numerical soil classification using fuzzy K-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale	LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition	YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO ₃ -N migration in wheat	WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province	WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China	GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species	XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak	FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of <i>Chrysanthemum grandiflorum</i> and its closely related genera	SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
Effect of the parasitic <i>Cuscuta australis</i> on the community diversity and the growth of <i>Alternanthera philoxeroides</i>	WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning	CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
Fine root longevity and controlling factors in subtropical <i>Alingia grilipes</i> and <i>Castanopsis carlesii</i> forests	HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images	DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics	LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)
Review and Monograph	
Review of the ecological compensation efficiency	ZHAO Xueyan (1960)
Scientific Note	
The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying	CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 6 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 6 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元