

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **2011**

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 31 卷 第 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应·····	李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
两种书虱微卫星富集文库的构建及比较·····	魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性·····	闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性·····	虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较·····	姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化·····	刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例·····	姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力·····	冯国禄,杨仁斌 (4235)
大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响·····	颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响·····	朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整·····	王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响·····	何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力·····	刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
植物叶表面的润湿性及其生态学意义·····	石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态·····	郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义·····	刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因·····	邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法·····	时培建,戈峰,杨清培 (4327)
喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制·····	毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位·····	袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制·····	沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义·····	朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化·····	张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析·····	张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计·····	刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
北京城市生态占水研究·····	柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
专论与综述	
植物水分传输过程中的调控机制研究进展·····	杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
环境介质中的抗生素及其微生物生态效应·····	俞慎,王敏,洪有为 (4437)
自然生态系统中的厌氧氨氧化·····	沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
研究简报	
山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系·····	张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系·····	杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响·····	卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
学术信息与动态	
水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评·····	卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说: 塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王华,陈新光,胡飞,林青山,唐湘如,蔡立. 气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整. 生态学报, 2011, 31 (15): 4261-4269.

Wang H, Chen X G, Hu F, Lin Q S, Tang X R, Cai L. Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (15): 4261-4269.

气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整

王 华¹, 陈新光^{1,*}, 胡 飞², 林青山³, 唐湘如², 蔡 立⁴

(1. 广东省气候中心, 广州 510080; 2. 华南农业大学农学院, 广州 510640;

3. 广东省农作物技术推广总站, 广州 510520; 4. 广东省农业厅, 广州 510050)

摘要:统计广东 86 个气象站 1961—2009 年资料,对气候变化背景下广东晚稻生长季气候资源、气象灾害的变化趋势进行了分析。结果表明,广东晚稻生长季热量资源明显增加,冷害趋于减轻,登陆广东的热带气旋个数减少且影响时间缩短;推算出广东晚稻播期有较大的调整空间,可提早或推后。综合分析认为晚稻播期提早较推后更有利于气候资源的充分利用和气象灾害的减轻。通过分期播种试验分析了当前广东晚稻主栽品种在各地播期提早或推后对生育期和产量的影响,结合气候因子和耕作习惯等因素,认为晚稻播期提早优于推后。建议广东晚稻播期各区的调整方案为:北部可提早 8—9 d,中部可提早 10—12 d,南部可提早 12—15 d。

关键词:气候变化;晚稻生长季;播期调整

Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province

WANG Hua¹, CHEN Xinguang^{1,*}, HU Fei², LIN Qingshan³, TANG Xiangru², CAI Li⁴

1 Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China

2 College of Agriculture, South China Agriculture University, Guangzhou 510640, China

3 Agricultural Technology Extension Station in Guangdong Province, Guangzhou 510520, China

4 Department of Agriculture of Guangdong Province, Guangzhou 510050, China

Abstract: Based on daily climatic data collected from 86 weather stations from 1961 to 2009 in Guangdong Province, the characteristics of climate resources and meteorological hazards during growing season of late season rice cultivars were analyzed under climate change. The main conclusions were: (1) climate resources had changed since 1997. Average air temperature increased 0.7 °C than that of the contrast (1961—1996). Above 10 °C accumulative temperature increased 82 °C. Climate warming effects was accelerated since 1997. The heat resource significantly improved during the growth period of late season rice in Guangdong province. Sunshine hours during the growing season slightly decreased 58 hours than that of the contrast. Total precipitation during growing season showed insignificant change but an increasing yearly variability; (2) Since 1997, the date of the first-landfall tropical cyclone (TCs) was postponed in Guangdong, but the date of last-landfall TCs launched earlier. The number of TCs landed in Guangdong province decreased mainly in autumn during September to October, but the number of Typhoon (TCs with wind power ≥ 12 grade) increased. Since 1997, the probability of TCs which landed at the southwest coastal was 70%, showed no noticeable changes than that of the contrast (1961—1996). Thus, TCs would none the less threat the late maturing rice in southwest coastal of Guangdong. The

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划课题(2011BAD32B02);广东省科技计划重点项目(2008A030203013);科技部农业科技成果转化资金重点项目(2009GB24160496);公益性行业科研专项(GYHY200906021);广东省科技计划项目(水稻生长模型 RCSODS 在广东的应用研究);中国气象局气候变化专项(CCSF-09-03、CCSF-09-11)

收稿日期:2011-03-01; 修订日期:2011-05-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xgchen@grmc.gov.cn

probability of Typhoon, which landed at the southwest coastal significantly increased from 67% to 82%, will aggravate the threat of the late maturing rice; (3) Since 1997, the beginning date of the cold dew wind weather (CDWW) and the frost's descent wind weather (FDWW) postponed 7 d and 11 d, respectively, while the total days of CDWW and FDWW showed no significant difference. The beginning date of CDWW postponed 5—15 days in the southern region, 4—5 days in middle region, and 1—4 days in the northern region. The beginning date of FDWW postponed 10—20 days in south, 5—15 days in middle, and 0—5 days in north. Based on the analysis above, we concluded that the heat resource in Guangdong was increased, the events that TCS harmed the late season rice were reduced, and the beginning date of chilling damage was postponed. Therefore, The sowing date of late maturing rice can be earlier or later with higher adjustment potential; (4) Based on the field experiments including different sowing dates and three rice varieties in 2009, the adjustability of the sowing date of late season rice was analyzed by the relationship between the development stage, yield and temperature differences. The results showed that the heat resource during growing period was closely related to the growing days in temperature sensitive cultivars. High temperature shortened the growth period and differed between genetic cultivars, especially at the vegetative stages, such as returning green stage to tillering stage and tillering stage to booting stage. The yield tendency showed a increasing against the increasing daily average air temperature, and then a decreasing when the temperature was higher than 28℃.

The earlier sowing date of the late maturing rice would enhance crop productivity and economic benefit in winter season, by optimistically using climate and land resources. Because the farmers like to planting later season rice as earlier as possible in order to save more time for winter crops, the extension of the early adjustment of sowing date for late maturing rice will faced less difficulties. With integrating the results of this study and climatic factors, previous experimental studies, cropping systems and farmer's practice etc., we suggest that the sowing date of late season rice should be 12 to 15 days earlier in the southern region, 10 to 12 days earlier in middle region and 8 to 9 days earlier in the northern region.

Key Words: climate change; late season rice; growth period; adjustment of sowing date

气候变化背景下广东的气候资源和气象灾害均发生了变化^[1-2],为了适应这种变化,水稻生产也应做出相应的调整。众多研究结果表明,调整播期是适应气候变化的重要举措之一^[3-12],但目前有关播期调整的具体方案尚缺乏专门的定量研究。广东是双季稻区^[13],早稻、晚稻生长季内的气候各有特点,所面临的气象灾害也不同。陈新光等^[14]根据广东实际提出了早稻播期适当提早以适应气候变化的方案,因应气候变化及早稻播期的提早,晚稻播期应如何调整,才能充分利用气候资源、减轻气象灾害?又能使当前各区域主栽品种适应播期调整、保证水稻产量?另外,广东作为全国最大的冬种生产基地,冬种生产是农业生产中最具特色、最具潜力的环节,是促进农业增效、农民增收的重要途径^[15-17]。晚稻播期应如何调整,才能有利于冬种生产、增加生产者的经济效益?又能在生产中方便推广使用、符合当地种植习惯?这些都是广东水稻播种布局整体调整方案的重要组成部分。

1997年后广东气候出现了以变暖为特征的显著变化^[2],因此,本文以1997年为分界线,对比1997年前后晚稻生长季气候资源及气象灾害的变化,以探索气候变化背景下广东晚稻播期的调整空间,提出晚稻播期调整的可能方案。并利用地理分期播种试验分析当前广东各地区晚稻主栽品种播期调整的可行性,结合早稻播期调整方案^[14],以便从趋利避害统筹全年生产安排方面探讨广东不同区域晚稻播期可行的具体调整方案,为晚稻生产应对气候变化以及全年种植制度的优化提供依据。

1 材料与方法

采用广东省86个气象站1961—2009年逐日气温、日照时数和降水量观测资料,站点分布如图1。

2009年晚稻分期播种试验的水稻品种、试验地点和试验方案同陈新光等^[14]一文,并在相应的早稻试验田进行晚稻试验。5个试验点分别为:曲江、广州、高要、汕头和湛江,曲江代表北部地区,热量条件相对较差;

广州和高要代表中部地区,热量条件一般;汕头、湛江代表南部地区,热量条件充足。供试品种:天优 998,超级杂交稻,中迟熟型;玉香油占,超级常规稻,中迟熟型;天优 428,杂交稻,早熟型,以上 3 个品种均为当前广东主栽品种。试验地土壤为当地中等肥力,土壤含有效 N 为 70—85 mg/kg、有效 P_2O_5 为 25—35 mg/kg、有效 K_2O 为 40—60 mg/kg;田间管理与当地一般大田管理水平相同。晚稻播期为 5 期,播期情况:首期 6 月 25 日播种,播期间隔 7 d,各试验点播期同步进行,每播期设 3 个重复,采取完全随机区组设计,区面积为 20 m² (4 m × 5 m)。试验期间,气象条件适宜、无明显的气象灾害,晚稻生产水平属中等偏上。

利用常规统计法分析晚稻生长季气候资源及气象灾害的变化;利用分期播种试验验证生产上晚稻播期调整的可行性。另外,5 个试验点中高要发育期部分资料缺测,分析发育期与气温变化的关系时该点的资料未使用。

1.1 广东晚稻生长季的确定

习惯上广东晚稻从 6 月下旬后期至 7 月下旬前期由北到南陆续播种,其中北部以 6 月下旬后期至 7 月上旬播种为主、中部以 7 月上旬至中旬播种为主、南部以 7 月中旬至下旬前期播种为主;10 月下旬至 11 月上旬收获。因此,广东晚稻生长季的气候资料统计时段为 6 月 25 日—11 月 10 日。文中日序把 1 月 1 日记为第 1 天,1 月 2 日记为第 2 天,以此类推,6 月 25 日记为第 176 天。

1.2 气象资料的处理

按晚稻生长季 6 月 25 日—11 月 10 日热带气旋登陆广东的个数、地点统计当年热带气旋对晚稻的危害,每年第 1 个登陆广东的热带气旋为初台,最后一个登陆广东的热带气旋为终台;秋台,9—10 月登陆广东的热带气旋。按 9 月 21 日—10 月 20 日平均气温 ≤ 23 °C、且持续日数 ≥ 3 d 统计寒露风天气过程^[18],第 1 次过程的起始日记为当年寒露风的初日,所有过程发生天数之和记为当年寒露风总日数;按 10 月 21 日—11 月 20 日平均气温 ≤ 18 °C、且持续日数 ≥ 3 d 统计霜降风天气过程^[18],第 1 次过程的起始日记为当年霜降风的初日;所有过程发生天数之和记为当年霜降风总日数。最早初日的统计:先统计 86 个气象站各站某一时间段(如 1961—1996 年)初日的最小值,再按区域(北部、中部、南部)求平均,其平均值代表该区域的最早初日。

地理分期播种试验点与当地气象观测站距离均在 5 km 以内,试验点的气象资料由当地气象观测场的观测资料代表。

2 结果分析

2.1 晚稻生产季气候资源的变化

统计表明 1961—2009 年广东晚稻生长季平均气温、 ≥ 10 °C 积温呈明显的增加趋势(图 2,图 3)。1997 年以来,晚稻生长季平均气温较 1961—1996 年同期升高了 0.7 °C,从 26.2 °C 到 26.9 °C, ≥ 10 °C 积温增加了 82 °C。2009 年晚稻生长季平均气温达到 27.3 °C,较气候平均值(1971—2000 年)高出 1.1 °C, ≥ 10 °C 积温达到 3801 °C,较气候平均值高出 153 °C,创 1961 年以来历史纪录。图中广东晚稻生长季平均气温、 ≥ 10 °C 积温相关指数 R^2 分别为 0.4712 和 0.4649,经曲线回归检验,回归效果均显著。

1961—2009 年广东晚稻生长季日照时数呈减少趋势(图 4)。1997 年以来,晚稻生长季日照时数较 1961—1996 年同期减少 58 h。图中广东晚稻生长季日照时数相关指数 R^2 为 0.1506,经曲线回归检验,回归效果显著。

1961—2009 年广东晚稻生长季降水量无明显变化趋势,但年际变化较大。1997 年以来,晚稻生长季降水

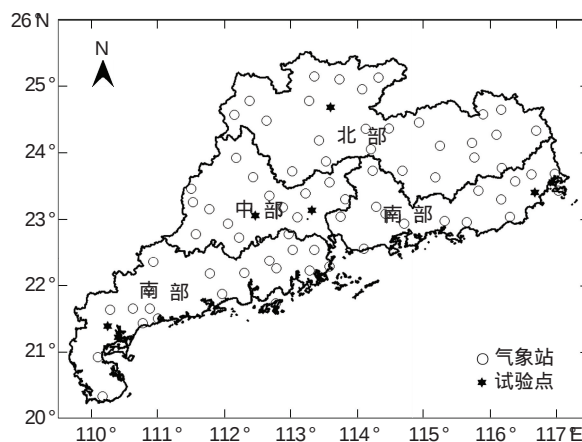


图 1 资料站点分布图

Fig. 1 The distribution of information station

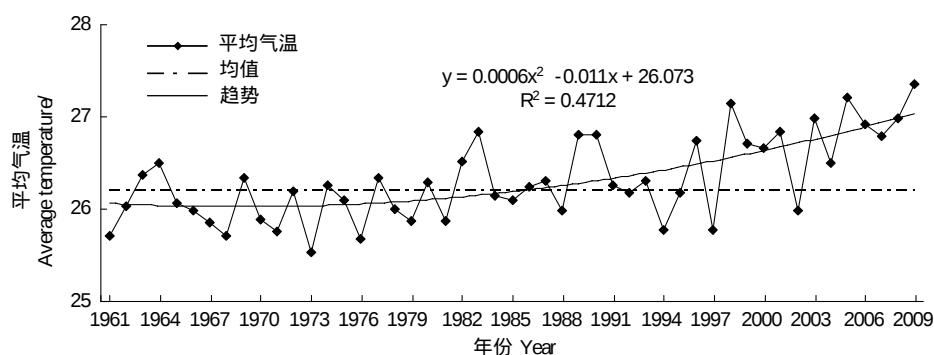


图2 晚稻生长季广东平均气温变化图

Fig. 2 Interannual change of daily average temperature of late rice growing season in Guangdong

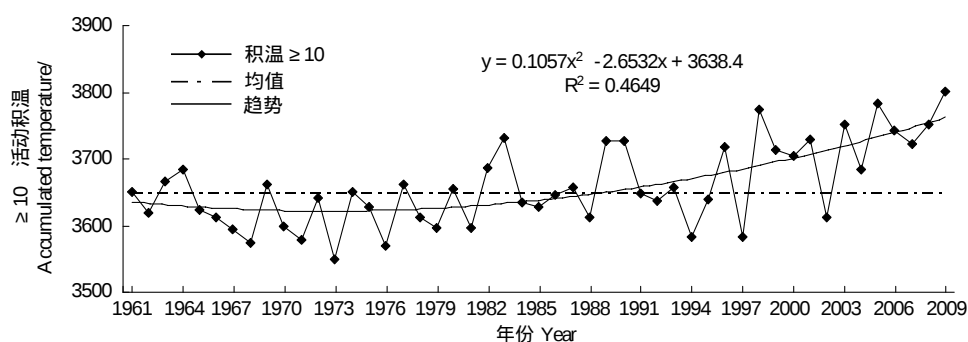


图3 晚稻生长季广东≥10℃积温变化图

Fig. 3 Interannual change of ≥10°C accumulated temperature of late rice growing season in Guangdong

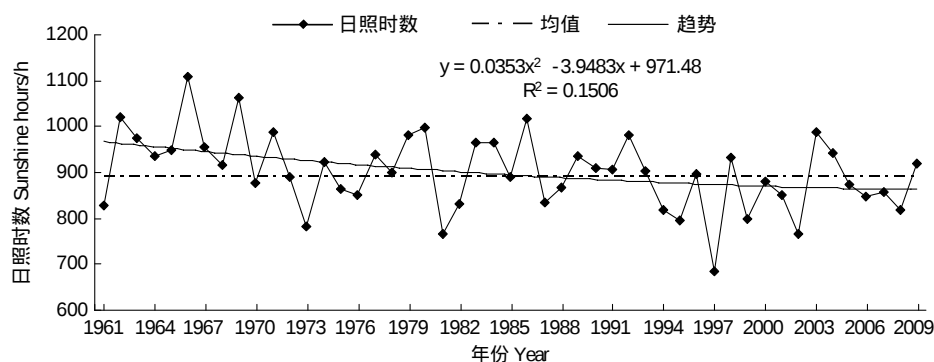


图4 晚稻生长季广东日照时数变化图

Fig. 4 Interannual change of sunshine hours of late rice growing season in Guangdong

量的年际振幅较1961—1996年增加(图5),如1997年、2001年、2002和2008年降水量均超过1000 mm,而1998年、2004年和2005年却仅有600 mm左右。图中广东晚稻生长季降水量相关指数经曲线回归检验,回归效果不显著。

2.2 晚稻生产季气象灾害的变化

影响广东晚稻生长季的主要气象灾害是热带气旋和冷害。

热带气旋对广东的影响有两面性,一方面作为广东后汛期降水的主要来源,其带来的降水可为当年冬种和次年春耕生产做蓄水准备;另一方面在其活动过程中,伴随有狂风、暴雨、巨浪和风暴潮等现象,具有很大的破坏力。晚稻生长期,广东前汛期刚刚结束,水库蓄水较多,晚稻生产期间用水充足,对热带气旋带来降水

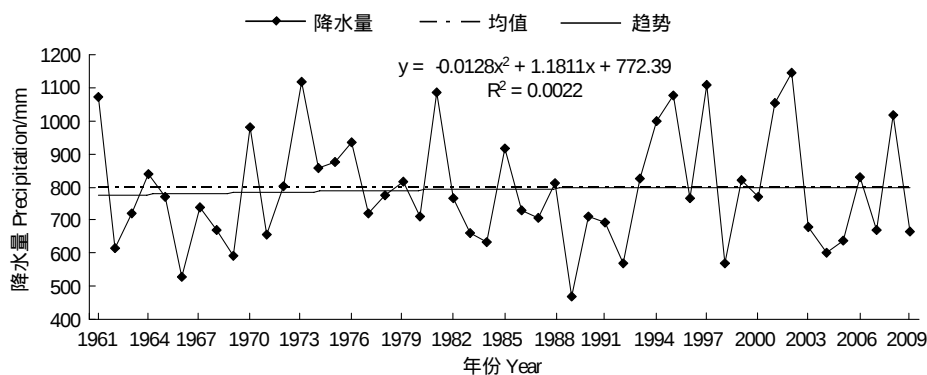


图5 晚稻生长季广东降水量变化图

Fig. 5 Interannual change of precipitation of late rice growing season in Guangdong

的需求不是很大。而热带气旋带来的狂风暴雨对晚稻整个生育期都会产生不利影响^[13,18],如稻株机械损伤、受浸受淹,花穗、籽粒脱落等。在秋季,热带气旋往往会诱发北方冷空气南下,出现低温、大风伴随暴雨,危害非常严重。可见,秋台对晚稻的危害较大。因此,热带气旋对晚稻的影响主要是不利方面,本文重点分析热带气旋对晚稻的危害。

广东晚稻生长季气温变化表现为“先高后低”的特点,因此晚稻后期生长易受低温冷害影响。生产实践表明,影响晚稻的冷害有寒露风和霜降风^[19-21],它们分别影响晚稻抽穗扬花、灌浆结实。晚稻抽穗开花期若遇寒露风,开花、授粉、受精延缓或受抑制,空秕粒增多,导致产量降低;灌浆结实期若遇霜降风,稻株生理机能破坏,胚乳灌浆充实停顿,不结实粒增多,空秕率增加,从而影响产量。

2.2.1 热带气旋的变化

从晚稻生长季热带气旋登陆广东的初台和终台来看,1961—2009年初台呈推后趋势,终台呈提早趋势(图6)。1997—2009年晚稻生长季初台较1961—1996年同期推后,从7月8日推后到7月16日;终台较1961—1996年同期提早,从9月20日提早到8月28日。由此可见,1997年以来,热带气旋危害晚稻生产的时间趋于集中,有利于晚稻生产。

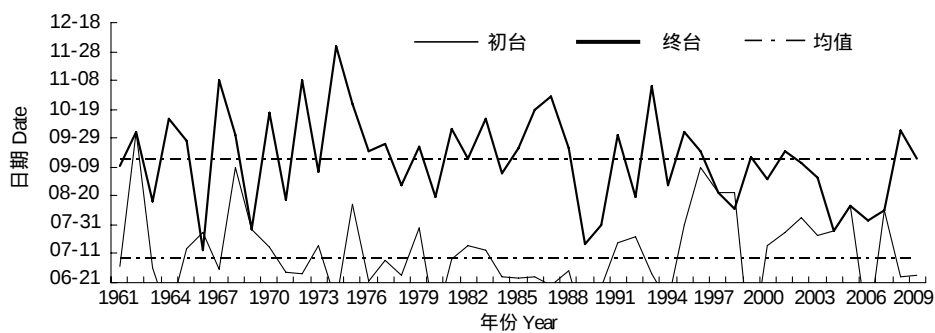


图6 1961—2009 晚稻生长季登陆广东的初台与终台日期

Fig. 6. The date of the first and last tropical cyclone landed at Guangdong in late rice growing season from 1961 to 2009

从晚稻生长季登陆广东的热带气旋个数来看,1961—2009年热带气旋个数呈减少趋势。1997—2009年登陆个数为2.9个/a,较1961—1996年减少了0.8个/a,其中,9—10月登陆个数较1961—1996年减少较多,主要是10月明显减少,减少了0.34个/a。从登陆广东的台风(风力 ≥ 12 级的热带气旋)个数来看,1961—2009年登陆台风个数呈增多趋势(图7),与IPCC第4次报告结果相同^[22]。图7相关指数 R^2 为0.1031,经曲线回归检验,接近于曲线回归检验值,回归效果较为显著。1997—2009年登陆广东的台风个数较1961—1996年增加,从2.0个/a增加到2.6个/a。但是,9—10月达到台风级别的热带气旋登陆个数较1961—1996年略

有减少,从 0.4 个/a 减少为 0.3 个/a,且 10 月无台风登陆。由此说明,1997 年以来,热带气旋或台风对广东晚稻后期生产的不利影响趋于减轻。

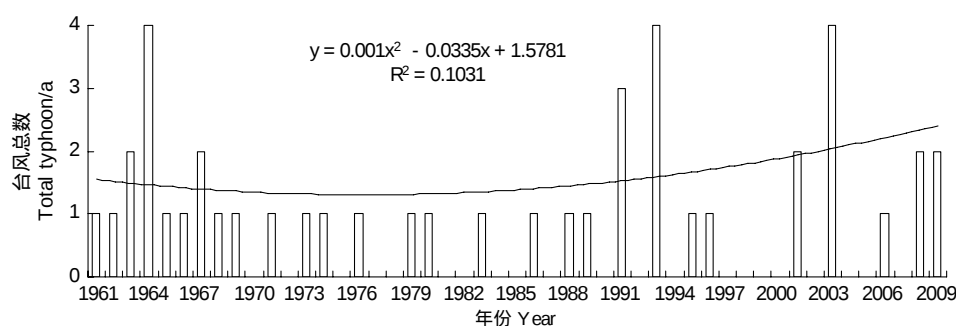


图 7 1961—2009 年晚稻生长季登陆广东的台风(风力 ≥ 12 级的热带气旋)次数

Fig. 7 The number of typhoons (TCs with wind power ≥ 12 grade) landed at Guangdong in late rice growing season from 1961 to 2009

从晚稻生长季热带气旋登陆广东的地点来看,1961—2009 年以登陆西南沿海为主,登陆概率达到 70%。1997—2009 年登陆西南沿海的热带气旋的概率较 1961—1996 年无明显变化趋势。从台风登陆广东的地点来看,1961—1996 年登陆总数为 33 个,其中有 22 个在西南沿海登陆,达 67%;1997—2009 年登陆的 11 个台风中有 9 个在西南沿海登陆,达 82%。由此可见,1997 年以来,热带气旋或台风登陆广东的地点明显偏西南方向,对西南沿海地区晚稻生产的不利影响仍然存在。

2.2.2 寒露风的变化

1997—2009 年,北部寒露风最早初日出现在第 266 天(为 9 月 23 日)、中部出现在第 270 天、南部出现在 280 天,寒露风最早初日较 1961—1996 年推后 7 d,总日数从 5 d 减少到 3 d。寒露风最早初日的推后在广东南北差别较大,南部推后 5—15 d、中部推后 4—5 d、北部推后 1—4 d。

2.2.3 霜降风的变化

1997—2009 年,北部霜降风最早初日出现在第 299 天(为 10 月 26 日)、中部出现在第 307 天、南部出现在 316 天,霜降风最早初日较 1961—1996 年推后 11 d,总日数为 4—5 d,无明显增减变化。最早初日的推后在广东各地亦有较大差别,南部推后 10—20 d、中部推后 5—15 d、北部推后 0—5 d。

综合以上,寒露风、霜降风最早初日明显推后,晚稻安全齐穗期推后,后期生长受低温冷害危害的风险降低。危害晚稻生长的低温冷害初日推后,可以在常年种植制度基础上考虑晚稻播期推后。

2.3 晚稻供试品种对播期调整的适应性分析

晚稻播期调整后,其生长季的热量条件必定发生变化。当前广东各地区采用的主栽品种均以感温型为主,热量条件的变化对感温型品种的影响较为显著,下文重点分析供试品种与气温变化之间的关系。

2.3.1 供试品种生育期对气温变化的适应性

由分期播种试验可知:晚稻播期在以往的种植制度基础上提早或推后均可完成生产,整个生育期需要 103 d 左右。分析供试品种发育期与气温之间的关系,结果表明:晚稻生殖生长阶段(孕穗—成熟),3 个品种在各试验点不同播期的发育期日数差别不大;营养生长阶段(播种—孕穗),3 个品种在各试验点不同播期的发育期日数差别较大,主要表现在返青—分蘖、分蘖—孕穗期。返青—分蘖期,供试品种随着气温的升高发育期均缩短,从 28.5 °C 开始,日平均气温每升高 1 °C,天优 998、玉香油占、天优 428 生育期分别缩短 2.6 d、1.4 d、3.3 d;分蘖—孕穗期,供试品种亦随着气温的升高发育期均缩短,从 28.3 °C 开始,日平均气温每升高 1 °C,天优 998、玉香油占、天优 428 生育期分别缩短 6.3 d、7.4 d、7.2 d(图 8)。以上相关系数 r 除供试品种玉香油占在返青—分蘖期间相关性较差外,其他均通过 0.05 水平的 t 检验,说明水稻营养发育期与日平均气温有较好的相关性。由此可见,气温与生育期天数的相关性因品种的不同而存在差异,但随气温升高生育期缩短是一致的。

由上可知,气温每升高 1.0 ℃,晚稻供试品种营养生长阶段(返青—孕穗期)平均生育期缩短 8.8—10.5 d。1997—2009 年较 1961—1996 年气温从 26.2 ℃到 26.9 ℃升高了 0.7 ℃,晚稻生育期天数可能缩短。晚稻生育期缩短,收获提早,有利于冬种生产茬口的安排。

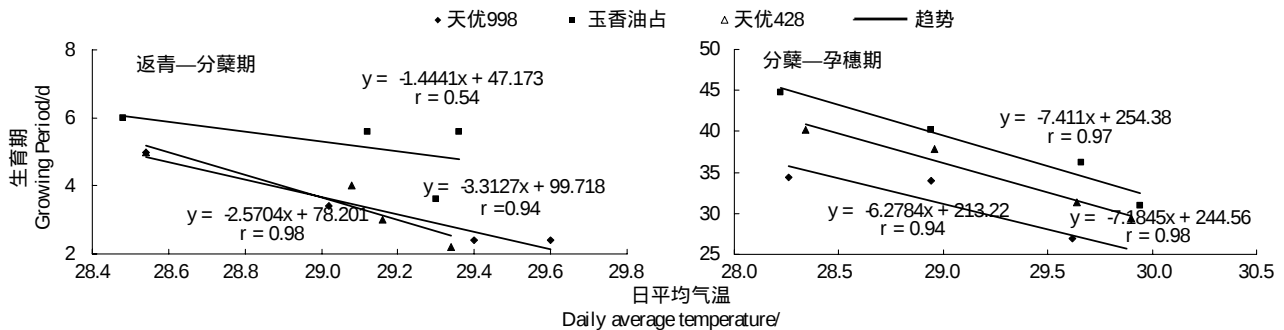


图 8 供试品种不同发育期日平均气温与生育期天数的关系

Fig. 8 The correlation relationship between daily mean temperature and days of different varieties in growth period

2.3.2 供试品种产量对气温变化的响应

由分期播种试验可知:晚稻播期调整后,全生育期气候因子中发生明显变化的是平均气温。当气温未超过某一界限值时,供试品种产量随气温的变化略有增加或减少,但各品种之间无一致的变化趋势。分析供试品种产量与气温之间的关系,结果表明:晚稻全生育期(播种—成熟),天优 998 的产量随气温升高先增后减,当温度升高到 28.1 ℃开始减少;玉香油占的产量亦随气温升高先增后减,当温度升高到 28.3 ℃开始减少;天优 428 的产量从 28.0 ℃开始随气温的升高一致呈减少趋势(图 9)。在日平均气温 28.0—28.8 ℃之间,各品种产量平均减少 304 kg/hm²。以上相关指数 R^2 均通过显著性检验,说明晚稻生育期日平均气温与产量的相关性因品种的不同而存在差异,但随生育期气温升高超过某一界限值时产量呈减少趋势是一致的。

1997—2009 年较 1961—1996 年晚稻生育期日平均气温从 26.2 ℃升高到了 26.9 ℃,全省大部分地区晚稻生育期气温未超过界限值 28.0 ℃,晚稻播期提早仍然可能会增产。但是,播期提早,珠三角、雷州半岛的部分地区个别年份晚稻生育期气温可能会超过界限值,晚稻产量会因气温升高过高而略有减少。

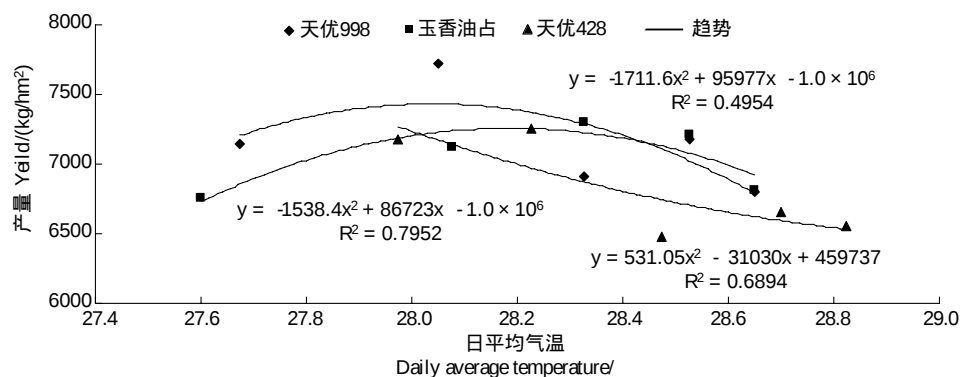


图 9 供试品种全生育期日平均气温与产量的关系

Fig. 9 The correlation relationship between daily mean temperature and yield of different varieties in growth period

3 讨论与结论

3.1 讨论

晚稻播期的调整较早稻复杂,能否做到应对气候变化、保证水稻产量,又能利于全年生产安排、符合种植习惯,这都是广东晚稻播期调整以应对气候变化需要解决的问题。

(1)从气候资源和气象灾害的变化可知:热量资源增加,热带气旋危害晚稻生产的时间缩短,冷害初日明

显推后。这为晚稻播期调整提供了很大的空间,晚稻播期可提早或推后。

晚稻播期提早的气候利弊分析,有利方面:①秋台(9—10月登陆广东的热带气旋)个数明显减少,播期提早,晚稻生产后期受热带气旋的危害减小;②晚稻生长季初台推后、终台提早,晚稻播期提早,热带气旋影响时间缩短;③晚稻播期提早,生长季提早,可以充分避开抽穗扬花期、灌浆乳熟期冷害。不利方面:晚稻生长季热量资源增加,平均气温升高、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温增加,珠三角、雷州半岛地区气温偏高较多的年份产量可能会下降。

晚稻播期推后的气候利弊分析,有利方面:①热量资源增加,晚稻播期适当推后,后期生产的热量条件能够保证;②晚稻生长季终台提早,晚稻生产后期受热带气旋的危害减小;③冷害初日推后,晚稻后期受低温危害的风险减小。不利方面:个别年份晚稻抽穗扬花、灌浆乳熟期仍存在较大的冷害风险。

(2)分析广东目前各地主栽品种对气温变化的适应性,结果表明:感温型晚稻品种生育期热量状况与生育期天数关系密切,随气温的升高生育期缩短,主要表现在营养生长阶段的返青—分蘖、分蘖—孕穗期间;各供试品种的产量随气温升高先增后减,当气温升高超过界限值 28.0°C ,开始下降。目前的各地区的主栽品种能够适应气候变化背景下的播期调整,当气温升高未超过界限值时,能够保证水稻产量。

(3)晚稻的具体调整方案除受气候因子的影响外,还受到轮作制度、种植习惯等多方面的限制。冬种生产是广东农业生产中最具特色、最具潜力的环节,是促进农业增效、农民增收的重要途径^[15-17]。若晚稻播期推后,势必会影响冬种生产的进行。从全年生产布局来看,晚稻播期提早,可为冬种生产腾出更大的生产空间,一方面有利于发展冬种生产潜力、增加生产者的经济效益,另一方面还有利于充分发挥气候资源、土地资源优势。

(4)实际生产中,为了给冬种腾出更大的生产空间,各地区生产者已自发的将晚稻播期适当提早。因此,在生产上推广播期提早方案应难度不大。

综合以上多方面的因素,本文认为晚稻播期提早优于推后,晚稻顺延早稻的调整方案^[14],可依次从北部、中部到南部提早3—4 d、5—7 d、7—10 d。结合气温升高,早稻生育期缩短的结论^[14],晚稻可在以上提早的基础上再提早5 d。

本研究认为适当提早晚稻播期有利于冬种生产及充分发挥气候资源优势,为了保证晚稻播期提早且能够高产,建议各地区注意品种的选配和熟制搭配,尤其北部地区热量条件较中部、南部偏少,应采用中早熟品种。晚稻播期提早,西南沿海局部晚稻生产受热带气旋的影响并未减轻,该地区应在热带气旋活动期间密切注意其登陆路径,提早做好防风防洪工作,保证水稻的安全生产。此外,广东的日照时数呈明显下降趋势,这将会对晚稻的光合作用和生产潜力有哪些影响?此问题还有待进一步研究。

3.2 结论

本文建议北部晚稻可提早播种8—9 d,中部可提早播种10—12 d,南部可提早播种12—15 d。北部可提早到6月中旬后期至下旬播种,中部可提早到6月下旬至7月上旬播种,南部可提早至7月上旬至中旬播种。

References:

- [1] Composing Team for Assessment Report on Climate Change of Guangdong. Assessment report on climate change of Guangdong (Selection). Guangdong Meteorology, 2007, 29(3): 1-14.
- [2] Chen X G, Qian G M, Chen T G, Li C M, Yu K F. Characteristics of climate warming and impact on climate belts change in Guangdong. Journal of Tropical Meteorology, 2006, 22(6): 547-552.
- [3] Yu W D, Zhao G Q, Chen H L. Impacts of climate change on growing stages of main crops in Henan Province. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(1): 9-12.
- [4] Tao F L, Yokozawa M, Xu Y L, Hayashi Y, Zhang Z. Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981—2000. Agricultural and Forest Meteorology, 2006, 138(1/4): 82-92.
- [5] Cui D C. The scenario analysis of possible effect of warming climate on rice growing period. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1995, 6(3): 361-365.
- [6] Li Q S, Luo Y Z. Impacts of climatic change on the suitability of temperature for rice at developmental stages and the potential productivity in the Hang-Jia-Hu Region. Eco-agriculture Research, 2000, 8(1): 83-86.
- [7] Fang X Q, Wang Y, Xu T, Yun Y R. Contribution of climate warming to rice yield in Heilongjiang Province. Acta Geographica Sinica, 2004, 59

- (6): 820-828.
- [8] Zhang Y, Wang F T. Research on the possible impacts of climate warming on rice production in China. *Acta Meteorologica Sinica*, 1998, 56(3): 369-376.
- [9] Jin Z Q, Ge D K, Shi C L, Gao L Z. Several strategies of food crop production in the Northeast China Plain for adaptation to global climate change—a modeling study. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28(1): 24-31.
- [10] Abraha M G, Savage M J. Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115(1/4): 150-160.
- [11] Mera R J, Niyogi D, Buol G S, Wilkerson G G, Semazzi F H M. Potential individual versus simultaneous climate change effects on soybean (C_3) and maize (C_4) crops: an agrotechnology model based study. *Global and Planetary Change*, 2006, 54(1/2): 163-182.
- [12] Kapetanakis G, Rosenzweig C. Impact of climate change on maize yield in central and northern Greece: a simulation study with CERES-maize. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1997, 1(3): 251-257.
- [13] Guangdong Provincial People's Government Agricultural Office, Guangdong Meteorological Bureau of Agricultural Meteorological Center. Guangdong Climate and Agriculture. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1996: 113-115, 108-108.
- [14] Chen X G, Wang H, Zou Y C, Lin Q S, Cai L. Adaptation and determination of sowing date under climate change in early matured rice in Guangdong Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(17): 4748-4755.
- [15] China Grain Net. Various moves to improve the production capability of winter plant in Guangdong at present. <http://www.cngrain.com/Publish/qita/200811/391946.shtml>.
- [16] Guangdong Agriculture Publicity Department. Guangdong makes great efforts to the production of winter plant and works out a program of 7.1 million mu of vegetables in winter this year. <http://www.cqagri.gov.cn/detail.asp?pubID=445767>.
- [17] Guangdong Agricultural Machinery Extension Service Station. On-the-Spot Meeting of mechanized winter plant was hold in Guangdong; the meeting accelerates the development of the plant in winter. http://www.yingde.gd.cn/main_v2_2/contentfiles/detail.jsp?infolid=0001650328&dparam=resnews.
- [18] Department of Agriculture of Guangdong Province, Guangdong Meteorological Bureau. Meteorological Disasters and Strategies of Disaster Prevention and Reduction in Guangdong Province. Beijing: Meteorology Press, 2000: 274-274, 305-305, 193-193.
- [19] Lin J B, Tu Y X, Mai J H. Effect of meteorological disasters for rice and its defence strategies in Guangdong Province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 1997, 18(4): 42-45.
- [20] Tu Y X, Li G P, Dong Y C. In 1997, phenomena and reason of climatic anomaly and defence of meteorological disasters in Guangdong Province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 1998, 19(6): 39-43.
- [21] Luo X L, Zhang J B, Wang J B, Tu Y X. Climate anomalies Induced by EL NINO and the prevention of agricultural meteorological Disasters. *Tropical Geography*, 1998, 18(4): 378-383.
- [22] The Commission of National Assessment Report on Climate Change. National Assessment Report on Climate Change Prepared by the Commission. Beijing: Science Press, 2007: 46-46.

参考文献:

- [1] 广东省气候变化评估报告编制课题组. 广东气候变化评估报告(节选). 广东气象, 2007, 29(3): 1-6.
- [2] 陈新光, 钱光明, 陈特固, 李春梅, 余克服. 广东气候变换若干特征及其对气候带变化的影响. 热带气象学报, 2006, 22(6): 547-552.
- [3] 余卫东, 赵国强, 陈怀亮. 气候变化对河南省主要农作物生育期的影响. 中国农业气象, 2007, 28(1): 9-12.
- [5] 崔读昌. 气候变暖对水稻生育期影响的情景分析. 应用气象学报, 1995, 6(3): 361-365.
- [6] 李全胜, 骆月珍. 气候变化对杭嘉湖地区水稻生育期温度适宜性及生产潜力的影响. 生态农业研究, 2000, 8(1): 83-86.
- [7] 方修琦, 王媛, 徐钹, 云雅如. 近 20 年气候变暖对黑龙江省水稻增产的贡献. 地理学报, 2004, 59(6): 820-828.
- [8] 张宇, 王馥棠. 气候变暖对中国水稻生产可能影响的研究. 气象学报, 1998, 56(3): 369-376.
- [9] 金之庆, 葛道阔, 石春林, 高亮之. 东北平原适应全球气候变化的若干粮食生产对策的模拟研究. 作物学报, 2002, 28(1): 24-31.
- [13] 广东省人民政府农业办公室, 广东省气象局农业气象中心. 广东气候与农业. 广州: 广东高等教育出版社, 1996: 113-115, 108-108.
- [14] 陈新光, 王华, 邹永春, 林青山, 蔡立. 气候变化背景下广东早稻播期的适应性调整. 生态学报, 2010, 30(17): 4748-4755.
- [15] 中华粮网. 当前广东地区多项举措提高冬种生产能力. <http://www.cngrain.com/Publish/qita/200811/391946.shtml>.
- [16] 粤农宣. 广东大力扶持冬种生产 今年计划冬种蔬菜 710 万亩. <http://www.cqagri.gov.cn/detail.asp?pubID=445767>.
- [17] 广东省农业机械推广站. 广东召开冬种生产机械化现场会 推动全省冬种生产发展. http://www.yingde.gd.cn/main_v2_2/contentfiles/detail.jsp?infolid=0001650328&dparam=resnews.
- [18] 广东省农业厅, 广东省气象局. 广东省农业气象灾害及其防灾减灾对策. 北京: 气象出版社, 2000: 274-274, 305-305, 193-193.
- [19] 林举宾, 涂悦贤, 麦建辉. 农业气象灾害对广东水稻生产的影响及防御对策. 中国农业气象, 1997, 18(4): 42-45.
- [20] 涂悦贤, 李桂培, 董永春. 1997 年广东省气候异常现象、原因及农业气象灾害的防御. 中国农业气象, 1998, 19(6): 39-43.
- [21] 罗晓玲, 张金标, 王惠英, 涂悦贤. 厄尔尼诺现象诱发的气候变化异常与农业气象灾害的防御. 热带地理, 1998, 18(4): 378-383.
- [22] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007: 46-46.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 2011

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:100717	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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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