

任义方,赵艳霞,高 苹,等. 江苏省水稻高温热害气象指数保险区划[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):273-277.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.071

江苏省水稻高温热害气象指数保险区划

任义方¹, 赵艳霞², 高 苹¹, 吴洪颜¹, 林 磊³, 徐 云⁴, 朱海涛⁵

(1. 江苏省气象服务中心, 江苏南京 210008; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 3. 江苏省常州市金坛区气象局, 江苏常州 213200; 4. 江苏省南通市气象局, 江苏南通 226000; 5. 江苏省镇江市气象局, 江苏镇江 212000)

摘要:在准确评估农业生产风险基础上,合理区划可以有效地减小气象指数保险产品的基差风险,是我国政策性农业保险可持续发展的重要保障。结合历史气象资料和水稻产量资料,以江苏省为例,采用 Logistic 曲线方程定量描述高温热害对水稻产量损失的影响程度,通过灾害分离和去偏离值的方法选取样本,利用最优化技术确定参数,构建水稻高温热害保险气象指数。在此基础上,利用关联灾损的热害表征量划分区域,通过与高温致灾因子区划结果进行空间对比以及典型高温热害年份灾损发生情况的定量分析,来评估水稻高温热害的发生特征和规律。经研究发现,江苏省水稻高温热害呈现“西南重、东北轻”的特征,典型发生年份的高温热害指数与减产率有较好的对应关系。气象指数保险风险区划结果在表征灾害发生规律的同时更好地体现了相应的灾损情况,进一步说明高温热害保险指数具有较好的适用性,有利于减小基差风险,提高后续单一灾害保险产品设计的精确性。

关键词:水稻;高温热害;指数保险;风险区划;评估

中图分类号: F840.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0273-04

国外早在 20 世纪 90 年代已经开始关于农业气象指数保险的研究^[1-2]。我国自 2004 年开始,在国际农业发展基金(IFAD)和联合国粮食计划署(WFP)支持下,政府部门采取了一系列鼓励实施农业风险转移措施,在此同时,农业气象指数保险方法的研发及其相关区划评估技术也开始得到了广泛的探索。通过开发和研究精准量化损害程度的指数保险产品,可以为保险费率厘定及灾损赔付过程提供科学保障,从而更好地提高保险覆盖率。

目前,国内在农业气象灾害风险评估区划体系的构建、估算技术方法的研制、理论模型的构建及其应用量化领域已经不断成熟^[3-6]。以此为背景和基础,我国开展的相关农业保险风险区划的研究主要集中在对农作物生产风险区划因子选择和方法应用的探讨上,如刘长标从致灾因子、灾损情况、易损性和抗灾能力角度提出了 7 个风险评估因子,讨论了农作物区域产量保险风险区划中风险因子的选择问题^[7];梁来存通过建立粮食安全自然风险影响的评价指标体系,利用系统聚类法、K-均值聚类法和模糊聚类法对我国粮食生产进行了省级保险风险区划^[8];李文芳在综合考虑气候、农业灾害、地形地貌、水利设施等因素的基础上建立了一个适当的指标体系,对湖北中稻县级产量保险风险进行了分区^[9];郑军等选取单位面积产量变异系数等 5 个受灾风险指标,利用系统

聚类法对安徽省水稻进行了市级范围的产量保险风险区划研究^[10];王国军等运用河南省各市(县)小麦单位面积产量、面积、农业保险赔付率、水利设施、灾情数据在市级风险区划的基础上完成了县域小麦生产风险区划^[11]。此外,还有进一步将区划结果作为生产风险的整体空间参考对厘定的保险费率进行修正的应用研究,如牛浩等选取 8 个主要风险指标确立 4 类主成分来评定玉米的生长状况,运用 AHP 权重分析对山东省玉米生产风险进行了区划,并在此基础上利用区划结果对初定的产量保险费率进行最终修正处理^[12];陈新建等通过聚类分析方法得出湖北省水稻区域风险系数并进行区域产量保险纯费率厘定^[13];陈平等利用地县域气候状况、灾害情况、水利条件、单位面积产量和播种面积相关的 12 项影响因子,对湖北省中稻生产风险进行区划,并依据相应风险等级对纯费率进行了调整^[14]。

前人在农业气象灾害保险风险区划评估以及指标选择方面已经做了较多的研究,但是从准确把握灾害风险与产量损失之间关系的角度出发,针对某一特定作物气象灾害的保险区划评估研究报道仍较少。水稻高温热害是影响江淮流域水稻生产的主要气象灾害之一,在全球变暖背景下,江苏省高温日数和高温日平均最高气温呈上升趋势,水稻高温热害时空分布正在发生改变^[15-18]。高温热害对水稻的危害程度主要由水稻所处生育期以及热害的出现时间、持续时间和强度决定,如水稻幼穗分化期^[19-20]、抽穗扬花期^[21-22]和灌浆期^[23-24]出现高温过程均会导致结实率降低,并最终对产量造成不同程度的影响。20 世纪 90 年代以后,江苏省进入了高温热害较强、覆盖范围大的时期,高温热害发生频次和日数较 20 世纪 70~80 年代有明显增加趋势,且集中在 7 月上旬至 8 月中旬,其出现比例达 40% 以上,8 月底后出现比例低于 10%^[25]。相应地,与水稻高温敏感时段相关的拔节期、孕穗期、抽穗期和乳熟期分别出现在 7 月下旬至 8 月上旬、8 月中

收稿日期:2017-05-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:41371412);江苏省气象局青年基金(编号:Q201607);江苏省气象局 2016 年重点业务项目(编号:20161122);公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201406028)。

作者简介:任义方(1986—),女,江苏苏州人,硕士,助理工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:renyifang2006@126.com。

通信作者:高 苹,正研级高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:gaoping5268@126.com。

下旬、8 月下旬至 9 月上旬和 9 月中下旬。从时段吻合性上看,对高温最敏感的幼穗分化 - 抽穗扬花阶段出现高温热害的概率高,而对高温次敏感的灌浆初、中期出现高温热害的概率低,这种高温热害发生规律和特征造成了江苏水稻大面积减产,尤其是 2003 年江苏淮北部分地区水稻高温敏感期与 7 月下旬持续高温天气相遇,造成 20% 以上减产^[26]。因此,本研究利用历史气象数据和水稻观测资料,以江苏省为例,构建水稻高温热害保险气象指数,并利用该关联水稻产量损失的热害表征量划分保险风险区域,在空间分布上通过与高温致灾因子区划结果进行对比,在时间发展上利用高温热害典型年份实况进行检验的方法,来定量分析和评估水稻高温热害的区域发生特征和规律,为设计水稻高温热害气象指数保险(单一作物灾害险种保险)产品提供依据,进一步减小“基差”风险,提高费率厘定准确性以及风险转移能力。

1 研究资料

气象资料包括江苏省 70 个气象站 1980—2015 年的逐日最高温度和平均温度。作物资料包括江苏省 8 个农业气象站(徐州、淮安、赣榆、兴化、镇江、宜兴、昆山、高淳)1980—2015 年的水稻生育期资料,以及江苏各县(市、区)逐年水稻单位面积产量数据。灾害资料包括江苏省气象灾害历史灾情统计数据以及《中国气象灾害大典(江苏卷)》记录的高温热害灾情资料。

2 水稻高温热害保险气象指数构建及验证

2.1 水稻高温热害保险气象指数构建

2.1.1 指数构建思路 首先,通过分析水稻敏感生育期受高温热害影响的机制及其对产量(或产量结构)的影响程度,可知水稻高温热害必须在高温发生时段与水稻对高温敏感期相吻合的情况下才能发生。然后,再结合江苏省高温的发生规律、各站进入关键生育期的具体日期以及典型年份实际高温热害发生的时段和减产情况,选取水稻孕穗 - 抽穗扬花期作为江苏省整个水稻高温热害监测期。同时,考虑高温对水稻产量的影响是非线性^[25,27-28],高温热害对水稻产量损失的影响程度,可采用具有渐增期、快增期和缓增期 3 个区间形态的 Logistic 曲线方程定量描述。

2.1.2 指数构建过程 高温热害对水稻的危害程度由持续时间和强度共同决定,根据高温热害的定义将日平均气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 连续 3 d 以上的高温天气作为 1 个高温热害过程。考虑到在同一个高温过程中,日平均气温和日最高气温所体现的热害发生时间和持续程度不同,以及致害程度不同,因此定义水稻高温热害监测期中的各高温过程危害累积量为 H :

$$H = \sum_{i=1}^n (T_i - T_c + T_{\max,i} - T_{\max,c})。$$
 (1)

式中: T_i 、 $T_{\max,i}$ 分别为各高温热害过程的日平均温度和日最高温度, $^{\circ}\text{C}$; T_c 、 $T_{\max,c}$ 分别是发生高温热害时日平均气温和日最高气温的临界值,其数值分别取 30、35 $^{\circ}\text{C}$ (表 1); n 为高温过程总次数,次。

由于不同地区、不同年份水稻孕穗期的出现时间不同,与高温配合的时间也不同,因而逐站逐年统计水稻高温热害监测期中所有高温过程的危害累积量。同时,通过分离产量资

表 1 江苏水稻高温热害临界指标^[29]

分类	临界指标
轻度高温热害	日平均气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$; 持续日数 3 ~ 4 d
中度高温热害	日平均气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$; 持续日数 5 ~ 7 d
重度高温热害	日平均气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$; 持续日数 8 d 及以上

料,逐站逐年求算相对气象产量,将其负值的绝对值定义为减产率,计算公式如下:

$$Y_w = \left| \frac{Y - Y_t}{Y_t} \right| \times 100\% (Y < Y_t)。$$
 (2)

式中: Y_w 为减产率,%; Y 为实际产量, kg/hm^2 ; Y_t 为趋势产量, kg/hm^2 。

在求算高温过程危害累积量与减产率的基础上,构建基于 Logistic 曲线方程的减产率评估模型,并将其定义为水稻高温热害保险的气象指数,表达如下:

$$Z = \frac{1}{1 + \alpha e^{-\beta H}}。$$
 (3)

式中: α 、 β 为 Logistic 曲线方程系数。在今后实际水稻灾害保险实施过程中,可以结合温度观测,通过该模型量化高温热害对产量损失的影响,从而实现保险理赔的过程。

参数 α 、 β 的具体量化主要在水稻高温热害保险气象指数与产量损失的关系建立过程中得以实现。由于气象指数保险存在着“基差”的缺陷,本研究重点考虑了热害减产的样本选择问题,以提供更为客观的气象保险产品。首先,选出水稻高温热害保险气象指数大于 0 且减产率大于 3% 的样本。由于江苏省大部分地区是灌溉农业,水稻遭遇高温热害时,灌溉条件、生产管理水平较好的地区部分稻田减产可能并不是很严重;或者存在其他农业气象灾害(如冻害等)、病虫害等与轻度高温热害并存,反而造成水稻大减产的情况,从而使得水稻高温热害保险气象指数与减产率之间的对应关系不理想。因此,在保证既发生水稻高温又出现减产的基础上,利用双权重质量控制方法^[30],剔除离群点;然后根据《中国气象灾害大典(江苏卷)》^[31]中高温热害实况的记载和描述,再进行样本点的选择。最终选出了 69 个由高温造成水稻减产的年份和相应的站点,将其作为研究样本,通过相关分析和最优化技术^[32],确定水稻高温热害保险气象指数中的参数 α 、 β 。

2.2 水稻高温热害保险气象指数检验

通过质量控制后,水稻高温热害保险气象指数与减产率有较好的相关性,相关系数达 0.75,通过 0.01 显著性检验,建立两者之间的回归方程:

$$Y = 33.67Z + 4.26。$$
 (4)

式中: Z 为水稻高温热害保险气象指数($Z \in [0, 1]$); Y 为减产率,%。判定系数 R^2 为 0.56。

根据水稻减产率可划分损失等级,一般减产率 5.0% ~ <10.0%、10.0% ~ <20.0%、20.0% ~ <30.0%、30.0% ~ <40.0%、 $\geq 40\%$ 分别划分为轻、中、重、严重、极端损失。根据减产率对应的损失等级,以及水稻高温热害保险气象指数与减产率的回归方程,可以得到对应不同损失等级的高温热害指标值,从而实现水稻高温热害保险气象指标的等级划分,详见表 2。

表 2 江苏水稻高温热害保险气象指标等级划分

等级	减产率(%)	保险气象指标	热害累积量
轻	5.0 ~ <10.0	0.02 ~ <0.17	1.1 ~ <20.3
中	10.0 ~ <20.0	0.17 ~ <0.47	20.3 ~ <32.5
重	20.0 ~ <30.0	0.47 ~ <0.76	32.5 ~ <43.1
严重	30.0 ~ <40.0	0.76 ~ <1.00	43.1 ~ <110.3
极端	≥40.0	1.00	≥110.3

通过样本点回代检验,对比利用水稻高温热害气象指数模拟的减产率与实际减产率的情况,可以看出两者随时间变化有很好的对应分布关系(图 1)。样本减产峰值区出现在 2003 年,该年为江苏水稻高温热害的典型发生年份,出现大范围减产。

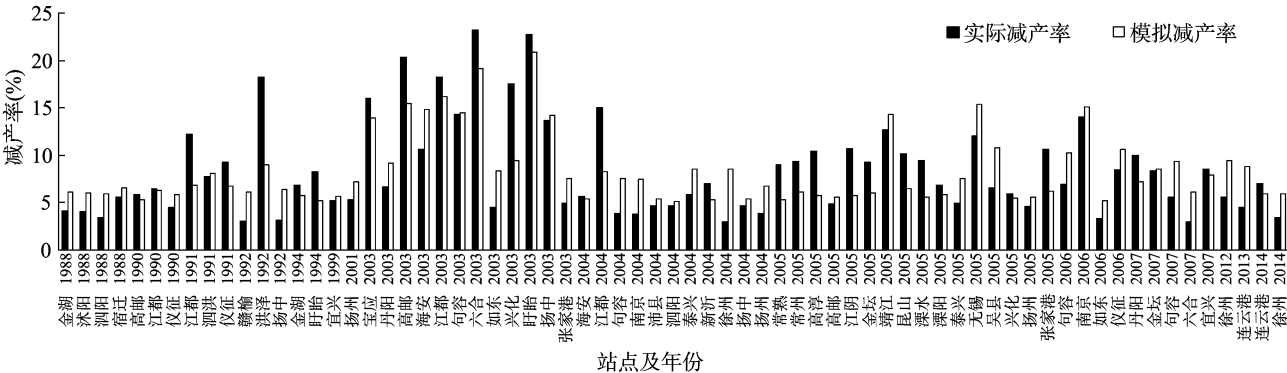


图 1 1980—2015 年中水稻高温热害典型年份和相应站点的模拟减产率和实际减产率分布

3.2 区划评估

由水稻高温热害保险风险区划结果(图 2-a)可见,低风险区主要包括淮北和江淮之间东北部地区;中风险区主要包括江淮之间西南部和苏南东部地区;高风险区主要包括苏南中西部地区。将江苏省水稻高温热害保险风险区划结果与其气象风险区划结果比较可以发现,高温热害气象指数保险区

3 水稻高温热害保险风险区划及评估

3.1 区划方法

利用 GIS 空间分析以及属性数据库操作功能,对水稻高温热害保险气象指数进行标准化处理,采用欧式距离作为研究样品疏密程度(差别大小)的数量指标,选择系统聚类法(hierarchical clustering method)中的离差平均和法(ward method)进行水稻高温热害保险风险区划,将整个江苏划分成 1~3 个区域,分别对应水稻高温热害保险风险的低风险区、中风险区、高风险区。

此外,利用相同的方法,根据水稻热害等级划分的标准(表 1),将近 36 年监测期内各等级热害出现的总天数作为指标,进行江苏水稻高温热害气象风险区划。

划的 3 个风险区域分布范围和趋势与气象致灾因子区划结果(图 2-b)近似,灾害呈现“西南重、东北轻”的特征,能够很好地体现灾害发生程度的空间分布形态。低风险区、中风险区、高风险区的平均水稻高温热害保险气象指数分别为 0.025、0.095、0.165,由于高温热害造成的平均减产分别为 6.84%、9.28%、11.66%。

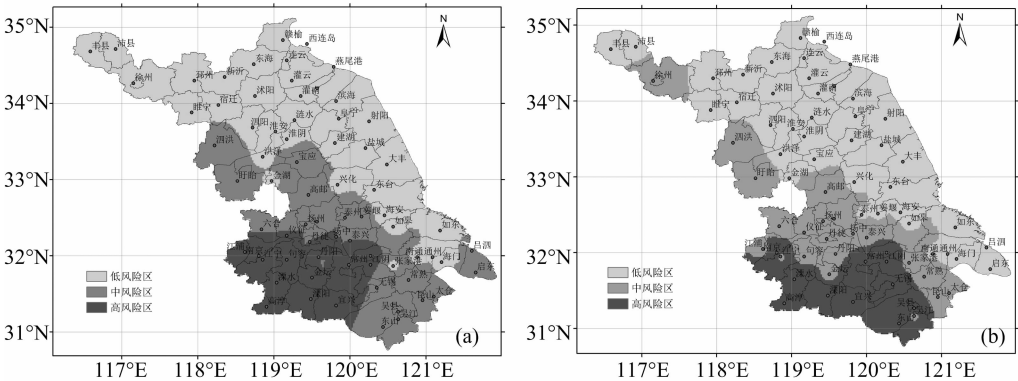


图 2 关联产量损失的气象指数保险区划和单纯的气象致灾因子区划

从 1980—2015 年江苏省各区域水稻高温热害保险气象指数年变化可以看出,水稻高温热害发生程度呈显著上升趋势(图 3)。近 20 年来,由水稻高温热害保险气象指数判定的主要水稻高温热害发生年份有 1998、2003、2005、2006、2007、2010、2013 年。相应地,从全省水稻实际平均减产率和灾情记录发现,水稻高温热害保险气象指数可以较好地识别水稻热害的典型年份,但其数值大小并未与水稻实际减产率一一对应,尤其是 2015 年之后,出现很强的高温天气,但并未造成

全省大规模减产(表 3)。其原因主要是在水稻热害典型发生年份中,影响水稻最终实际产量的因素除了高温热害外,还可能受到栽培技术提高、水稻品种改良、播种时期变更或者其他灾害等因素的影响,从而造成两者的不一致。

4 结论与讨论

采用 Logistic 曲线方程定量描述高温热害对水稻产量损失的影响程度,通过灾害分离和去偏离值的方法选取样本,利用最

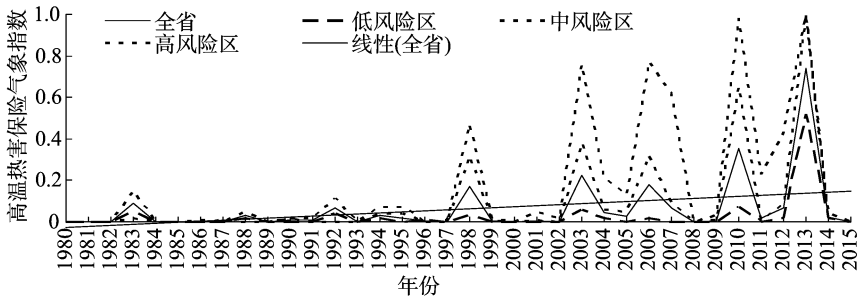


图3 江苏省各区域水稻高温热害保险气象指数年变化

表 3 近 20 年江苏省水稻高温热害典型年份实况信息

年份	减产率(%)	灾情记录
1998	未发生全省性减产	7月6日出梅后全省出现持续10~11 d>35℃高温天气,南京>35℃高温天气为22 d
2003	13.06	7月中下旬至8月上旬出现超过20 d的大范围高温热害
2005	8.12	9月中旬沿淮及淮河以南地区为1960年有记录以来同期最高值,尤其苏南地区气温比常年同期偏高4~6℃
2006	0.62	8月中下旬淮河以南地区出现连续5~7 d高温热害
2007	0.99	7月末至8月上旬沿江江南地区出现连续8~10 d高温热害
2010	未发生全省性减产	出现3段区域性高温过程,分别为7月29日至8月5日、8月10—15日和8月18—24日。高温影响范围大、持续时间长。苏北部分地区和苏南地区的平均气温为60年以来历史同期最高值
2013	未发生全省性减产	出现4段持续性、大范围高温过程,分别为7月1—4日、8—12日、17—20日、7月23日至8月18日。据统计,7月1日至8月18日,苏南、江淮之间地区分别比常年偏高3.3、2.7℃。全省高温日数2~42 d

优化技术确定参数,构建的水稻高温热害保险气象指数具有较好的适用性。该指数准确地把握了灾害风险与产量损失之间关系,在此基础上开展保险赔付工作,有利于减小“基差”风险。

通过与高温致灾因子区划结果进行空间对比,以及水稻热害典型年份灾损表征度的定量分析发现,江苏水稻高温热害呈现“西南重、东北轻”的特征,水稻高温热害气象指数保险风险区划结果在表征灾害发生规律的同时也体现了相应灾损的情况,可以更好地为单一灾害保险区域选择和费率厘定提供依据和修正参考。

由于样本的局限性,构建水稻高温热害保险气象指数时,没有区分水稻不同高温敏感阶段受高温热害影响的差异,也没有区分不同高温热害持续时间对产量影响的差异。今后可以开展相关研究进一步量化高温热害对水稻生长及其产量的影响。在实施保险工作中,一旦水稻高温热害保险气象指数达到赔付阈值时,不需要考虑各地田间管理措施以及后期有利气象条件补偿作用的差异性,或者其他灾害的影响,各区域一致采用事前约定好的理赔标准,从而减小定损成本。

本研究仅从高温热害实际发生情况和对应灾损的角度进行水稻高温热害保险区划评估,未考虑各地区常年平均产量水平、经济水平以及费率水平等其他因素的影响,未能综合体现水稻生产所面临的灾害风险因子的影响。因此,在后续水稻高温热害保险产品的设计时(如修正保险区划结果、厘定保费、确定实际启动赔付阈值等),还需要考虑各个地区平均生产状态等因素的影响。

参考文献:

[1] Wenner M, Arias D. Agricultural insurance in Latin America: where are we? [J]. Sexually Transmitted Infections, 2003, 89(4): 63–68.
[2] 曹前进. 农业保险创新是解决农业保险问题的出路[J]. 财经科学, 2005(3): 155–160.
[3] 张 峭. 中国农作物生产风险评估及区划理论与实践[M]. 北

京: 中国农业科学技术出版社, 2013.
[4] 郭迎春, 闰宜玲, 王 卫, 等. 农业自然风险评估及区域农业保险费率确定方法[J]. 应用气象学报, 1998, 9(2): 232–238.
[5] 杜 鹏, 李世奎, 温福光, 等. 珠江三角洲主要热带果树农业气象灾害风险分析[J]. 应用气象学报, 1995, 6(增刊1): 26–32.
[6] 任义方, 赵艳霞, 王春乙. 河南省冬小麦干旱保险风险评估与区划[J]. 应用气象学报, 2011, 22(5): 537–548.
[7] 刘长标. 农作物区域产量保险的精算研究[D]. 北京: 中国人民大学, 2000.
[8] 梁来存. 我国粮食作物保险风险区划的实证研究[J]. 山西财经大学学报, 2010, 32(1): 65–71.
[9] 李文芳. 农作物区域产量保险风险区划指标体系研究[J]. 生态经济, 2012(8): 76–78.
[10] 郑 军, 袁帅帅. 基于聚类法的农业保险风险区划的实证研究[J]. 重庆工商大学学报(社会科学版), 2015, 32(1): 17–23.
[11] 王国军, 赵小静. 基于风险区划的农作物保险精细化费率厘定研究——以河南省县级小麦保险纯费率厘定为例[J]. 保险研究, 2015(10): 23–32.
[12] 牛 浩, 陈盛伟. 基于风险区划的玉米区域产量保险费率厘定研究——以山东省17地市为例[J]. 保险研究, 2016(1): 65–75.
[13] 陈新建, 陶建平. 基于风险区划的水稻区域产量保险费率研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2008(4): 14–17.
[14] 陈 平, 陶建平, 赵 玮. 基于风险区划的农作物区域产量保险费率厘定研究——以湖北中稻县级区域产量保险为例[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(2): 51–60.
[15] 刘 梅, 高 苹, 王静萍, 等. 江苏夏季逐月高温日数与西太平洋海温场相关分析及预测模型建立[J]. 气象, 2011, 37(12): 1553–1559.
[16] 史 军, 丁一汇, 崔林丽. 华东极端高温气候特征及成因分析[J]. 大气科学, 2009, 33(2): 347–358.
[17] 霍治国, 王石立. 农业和生物气象灾害[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 72–79.
[18] 玉 钰. 气象灾害对水稻生长的影响[J]. 现代农业科技, 2010

吴晓晖,谢永丽,陈 兰,等. 耐盐、低温适生芽孢杆菌 TS1、TS3 的拮抗及降解纤维素活性分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):277-281.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.072

耐盐、低温适生芽孢杆菌 TS1、TS3 的拮抗及降解纤维素活性分析

吴晓晖^{1,2}, 谢永丽^{1,2}, 陈 兰^{1,2}, 柴树芳^{1,2}, 赵继丽²

(1. 青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室,青海西宁 810016;

2. 青海大学农牧学院高原草地资源与生态省部共建重点实验室,青海西宁 810016)

摘要:为获得在高原生态农牧业中具有研究应用潜力的根围促生菌,从极端环境生境筛选出具有耐盐、耐低温适性的菌株,并对其进行生理生化及分子鉴定。通过 *gyrB* 及 16S rDNA 基因序列分析,将菌株 TS1 鉴定为萎缩芽孢杆菌(*Bacillus atrophaeus*),菌株 TS3 鉴定为解淀粉芽孢杆菌(*B. amyloliquefaciens*);平板对峙试验发现,菌株 TS1、TS3 均具有拮抗植物病原真菌及细菌的活性(抑菌圈直径 ≥ 8 mm);经 Landy 培养基发酵提取的菌株脂肽类化合物可在血平板上形成直径 ≥ 11 cm 的透明圈;通过基质辅助激光解吸-离子化飞行时间质谱(MALDI-TOF-MS)分析所产生的脂肽类化合物,菌株 TS1 可产生表面活性素(Surfactin)、泛革素(Fengycin),菌株 TS3 可产生表面活性素、伊枯草菌素(IturinA),推测菌株的拮抗活性与脂肽类化合物合成有关;羧甲基纤维素钠(CMC-Na)法检测发现,菌株具有降解纤维素活性;3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定菌株解纤维素酶活性分别为 116.76、150.12 U/mL;菌株 TS1 可在含 NaCl 浓度为 13% 的 LB 培养基平板上及 4、10 °C 低温条件下正常生长,表现出良好的耐低温及耐盐性。2 株耐盐、耐低温适生芽孢杆菌兼具多种功能特性,在高原生态农牧业中具有一定的研究应用潜力,有望进一步研究并开发成为微生物肥料生产菌种。

关键词:芽孢杆菌;分子鉴定;拮抗活性;耐盐及低温适生;解纤维素活性

中图分类号: S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0277-05

芽孢杆菌是一类重要的植物生长促生菌,因其能产生抑

制病原菌生长的化合物而成为生防菌研究的热点,芽孢杆菌拮抗活性常被作为筛选生防芽孢杆菌的重要指标,生防菌分泌的胞外代谢产物可直接抑制病原物的生长、杀死病原物或形成不利于病原物的环境条件,间接抑制病原物的生长,从而促进植物生长^[1-2]。同时,芽孢杆菌可通过抑制病原菌的滋生,提高饲料的卫生品质。因此,芽孢杆菌在生态农业及生态畜牧业发展中具有很好的研究意义和应用潜力。产生抗生素是芽孢杆菌具有拮抗作用的重要原因之一,芽孢杆菌产生的

收稿日期:2017-11-22

基金项目:国家自然科学基金(编号:31660543);青海省科技厅应用(基础)研究项目(编号:2015-ZJ-732)。

作者简介:吴晓晖(1994—),女,青海西宁市人,硕士研究生,主要从事资源微生物研究。E-mail:377890164@qq.com。

通信作者:谢永丽,博士,副教授,主要从事资源微生物研究。E-mail:986237342@qq.com。

(24):302,305.

[19]王才林,仲维功. 高温对水稻结实率的影响及其防御对策[J]. 江苏农业科学,2004(1):15-18.

[20]潘敖大,高 苹,刘 梅,等. 基于海温的江苏省水稻高温热害预测[J]. 应用生态学报,2010,21(1):136-144.

[21]谢晓金,李秉柏,申双和,等. 抽穗期高温胁迫对水稻花粉活力与结实率的影响[J]. 江苏农业学报,2009,25(2):238-241.

[22]柳新伟,孟亚利,周治国,等. 水稻颖花与籽粒发育模拟的初步研究[J]. 中国水稻科学,2004,18(3):249-254.

[23]Cao Y Y, Duan H, Yang L N, et al. Effect of high temperature during heading and early filling on grain yield and physiological characteristics in indica rice[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(3):512-521.

[24]Kim J, Shon J, Lee C K, et al. Relationship between grain filling duration and leaf senescence of temperate rice under high temperature[J]. Field Crops Research, 2011, 122(3):207-213.

[25]谢志清,杜 银,高 苹,等. 江淮流域水稻高温热害灾损变化

及应对策略[J]. 气象,2013,39(6):774-781.

[26]于 堃,宋 静,高 苹. 江苏水稻高温热害的发生规律与特征[J]. 气象科学,2010,30(4):530-533.

[27]刘伟昌,张雪芬,余卫东,等. 水稻高温热害风险评估方法研究[J]. 气象与环境科学,2009,32(1):33-38.

[28]谢晓金,李秉柏,李映雪,等. 抽穗期高温胁迫对水稻产量构成要素和品质的影响[J]. 中国农业气象,2010,31(3):411-415.

[29]高素华,王培娟,万素琴. 长江中下游高温热害及对水稻的影响[M]. 北京:气象出版社,2009.

[30]Lanzante J R. Resistant robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples, including applications to historical radiosonde station data[J]. International Journal of Climatology, 1996, 16:1197-1226.

[31]温克刚,卞光辉. 中国气象灾害大典(江苏卷)[M]. 北京:气象出版社,2008.

[32]汤志成,孙 涵. 最优化因子处理及加权多重回归模型[J]. 气象学报,1992,50(4):514-517.