

林 聃, 孙汪亮, 宣守丽, 等. 稻田与邻近气象站温湿度差异及其对水稻高温热害损失评估的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(20): 248–252.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.20.040

稻田与邻近气象站温湿度差异及其对水稻高温热害损失评估的影响

林 聃^{1,2}, 孙汪亮^{1,2}, 宣守丽², 杨沈斌³, 易厚天⁴, 石春林², 江 敏¹

(1. 福建农林大学农学院, 福建福州 350002; 2. 江苏省农业科学院农业信息研究所, 江苏南京 210014;

3. 南京信息工程大学应用气象学院, 江苏南京 210044; 4. 华东师范大学统计学院, 上海 200062)

摘要:为明确稻田与邻近气象站的温湿度差异及其对水稻高温热害损失评估的影响, 利用 HOBO 温湿度传感器, 在江苏省南京市六合区柯郑村通过稻田小气候观测, 分析了稻田与邻近气象站的温湿度差异, 并利用水稻高温败育模型评估了该差异对水稻高温热害损失的可能影响。结果表明, 从分蘖至成熟期, 稻田的相对湿度比邻近气象站点高 8 个百分点左右; 分蘖至抽穗开花期稻田日最高温度比气象站点低 1.1℃, 灌浆期稻田与气象站日最高温度差异逐步减少, 黄熟期后两者差异不大; 而分蘖至抽穗开花期稻田日最低温度比邻近气象站低 0.7℃左右。此后, 随着低温过程的出现, 稻田与邻近气象站的日最低温度差异在增加, 灌浆至成熟期差异达到 2.0℃以上。当最高温度低于 35℃时, 考虑稻田和气象站点温度差异后, 估算得到的败育率比直接利用气象台站数据低 50%, 随着高温指标的增加, 该差异在减少。

关键词:水稻; 稻田; 气象台站; 气象要素差异; 高温热害评估

中图分类号: S162.5⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2021)20-0248-05

作物生长发育受农田环境条件的制约。虽然目前基于互联网的农田信息采集技术已得到初步的研究与应用^[1-2], 但大多数研究仍然是利用气象站点的观测数据进行作物生长发育特征及农业气象灾害的分析^[3-4]。众所周知, 农田的植被状况随作物的生长发育是动态变化的, 而气象站点的植被状况是相对不变的; 稻田还常有水层。因此, 农田植被环境对农田小气候必然存在一定影响。目前, 对农田与邻近常规台站的气象要素差异分析已有初步研究。王江等选取了 6 个冬小麦品种, 分析越冬期、拔节后期、孕穗期、扬花期和灌浆期 5 个时期内作物活动面温度、活动面相对湿度和田间地面温度与相同时间气象站数据的相关关系^[5]。张邦琨等分析了水稻主要发育期的稻田温湿度与大气候的差异, 表明由于水层和植被的调节作用, 稻田中

气温日变幅比大气候低 2~4℃^[6]。杨爱萍等分析了晚稻分蘖普期后不同天气类型下稻田和邻近气象站日均温度的关系, 并构建了转换模型^[7]。姚仪敏等分析了高温热害情况下稻田和邻近气象站温湿度的差异^[8]。郭建茂等利用气象台站温度建立了稻田冠层内部温度的估算模型^[9]。以上分析大多侧重于日均温度的比较, 而对最高温度、最低温度的变化缺乏分析。由于最高温度、最低温度不但影响水稻的生长和品质, 还影响作物对灾害的响应^[10-12]。因此, 为明确稻田小气候与邻近气象站的气象要素差异及其对水稻高温损失评估的可能影响, 本研究通过稻田小气候的观测, 分析了稻田与邻近气象站的温湿度差异, 并根据开花期高温败育模型估算了该差异对产量损失的影响, 旨在为更准确的水稻生长模拟预测及灾害分析提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验及观测方法

稻田温湿度观测于 2015 年 9—11 月和 2018 年 7—10 月在江苏省南京市六合区柯郑村(32°37'N, 118°88'E)进行。稻田种植品种为南粳 5055, 属于早熟晚粳类型, 4 月 25 日前后播种, 9 月 6 日左右抽穗。观测期间将 HOBO 温湿度记录仪设置在稻田中, 设置高度为距地面 1.5 m。HOBO 温湿度记录

收稿日期: 2020-01-20

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31671574, 41875140); 福建省社会发展引导性(重点)项目(编号: 2020Y0018); 福建农林大学科技创新专项基金(编号: CXZX2016165)。

作者简介: 林 聃(1997—), 女, 福建龙岩人, 硕士, 主要从事农业气象研究。E-mail: 296994144@qq.com。

通信作者: 石春林, 博士, 研究员, 主要从事农业气象灾害和气候变化影响评价研究, E-mail: amdjaas@jlonline.com; 江 敏, 博士, 教授, 主要研究方向为作物模型与农业气象灾害, E-mail: 493455464@qq.com。

仪每 15 min 记录 1 次稻田的温湿度情况。稻田观测点距离六合气象站约 3.4 km, 可认为两者间的温湿度差异是由环境造成的。

1.2 高温热害损失估算方法

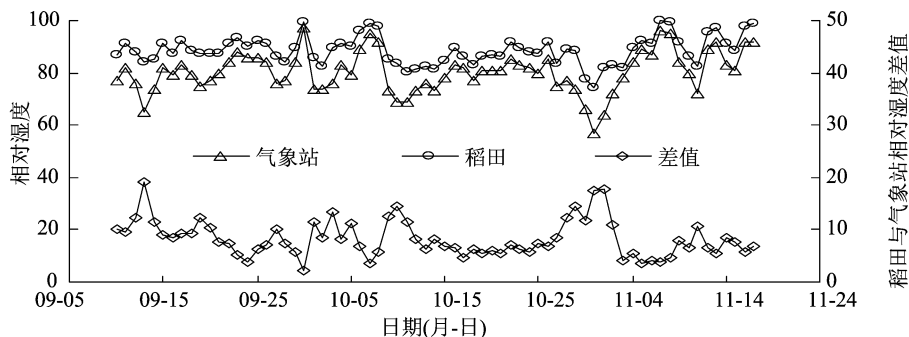
已有的研究表明, 高温会影响水稻产量结实率、穗粒数、穗数和千粒质量诸多构成因子^[13-15], 减数分裂期和开花期高温对结实率和穗粒数的定量影响模型也得到了建立。本研究利用江苏省农业科学院研制的水稻高温败育模型和 ORYZA2000 模型中水稻高温败育模型^[16-17]分析开花期高温对水稻结实率的影响, 进而评估稻田及气象站资料差异对水稻损失评估的影响。

2 结果与分析

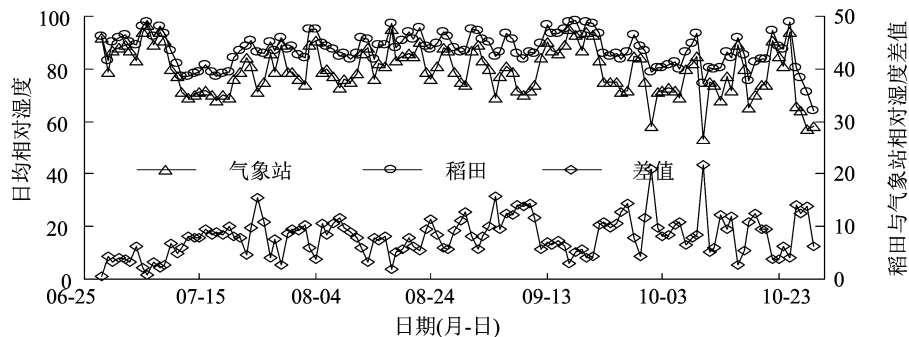
2.1 稻田和气象站的温湿度差异

2.1.1 稻田和邻近气象站湿度差异分析 图 1 是稻田与邻近气象站相对湿度的差异图, 可以看出, 2015 年和 2018 年气象站的日平均相对湿度基本上都较大幅度低于稻田, 且稻田的相对湿度的分布比

较集中, 变化幅度较小; 而气象站点的相对湿度变幅较大。2015 年水稻抽穗至成熟期气象站相对湿度最大值为 92%, 最小值为 57%, 平均相对湿度为 80.3%; 而稻田的相对湿度最大值为 100%, 最小值为 76%, 平均相对湿度为 88.6%。同样, 2018 年分蘖至抽穗稻田的日平均相对湿度的最大值为 98%, 最小值为 77%, 平均相对湿度为 88.2%; 气象站记录的相对湿度最大值为 97%, 最小值为 68%, 平均相对湿度为 80.5%; 稻田的平均相对湿度比六合气象站点的平均相对湿度高 7.7 百分点。在生育后期, 稻田的平均相对湿度比六合气象站高 8.8 百分点, 其中稻田的相对湿度最大值为 98%, 最小值为 63%, 平均相对湿度为 86.3%; 气象站点的日平均相对湿度的最大值为 95%, 最小值为 53%, 平均相对湿度为 77.5%。稻田相对湿度高的原因在于稻田常有水层, 且稻田的叶面积指数比气象站的草丛更高。此外, 当晴天(相对湿度较低)时, 气象站与稻田的相对湿度差异较大, 而当雨日发生时, 稻田与邻近气象站的相对湿度差异较小。



a. 2015 年稻田与邻近气象站相对湿度差异



b. 2018 年稻田与邻近气象站相对湿度差异

图1 稻田与邻近气象站相对湿度差异

2.2.2 稻田和气象站温度差异分析 图 2 是稻田与邻近气象站日最高温度的差异图, 可以看出, 2015 年六合气象站的日最高温度与稻田日最高温度基本接近。抽穗至成熟期观测得到的稻田和邻近台站平均日最高温度均为 22.8 ℃, 两者温差在 1 ℃以

内。2018 年 7 月上旬由于阴雨天气, 稻田的日最高温度比气象站低 0.5 ℃ 左右; 7 月中旬至 9 月上旬(水稻分蘖后期至抽穗开花期)稻田最高气温较气象站低 1.1 ℃ 左右, 稻田的平均日最高温度为 31.8 ℃, 气象站点的平均日最高温度为 32.9 ℃(包

括 7 月中旬至 8 月上旬的高温期);9 月中旬至 10 月底,稻田与气象站的最高温度温差呈减少趋势,至 10 月中旬后,两者趋于一致。这一特征与 2015 年基本相同。7 月中旬至 9 月上旬是水稻群体生长

最旺盛的时期,但稻田与邻近气象站最高温度的温差并无明显的变化趋势,这说明温差的变化可能与群体大小关系不大。

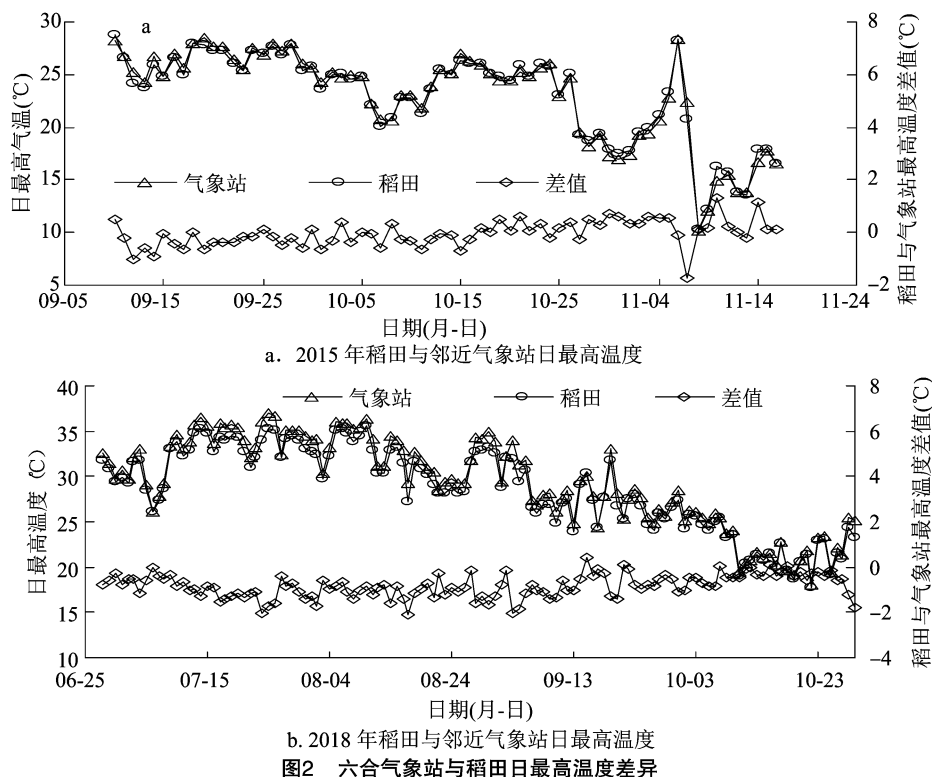


图 3 是稻田与邻近气象站日最低温度的差异,可以看出,2015 年灌浆至成熟期,稻田平均日最低温度为 11.4 °C,六合气象站平均日最低温度 14.1 °C,比稻田高 2.7 °C。9 月中旬至 10 月下旬,温差呈增加趋势,进入 11 月后,温差有减小倾向。2018 年在分蘖至抽穗开花期(7 月初至 9 月上旬),气象站日最低温度平均为 25.4 °C,而稻田的日最低温度比邻近气象站点略低,其均值为 24.7 °C。其中,7 月中旬至 8 月上旬的高温期,稻田最低温度比邻近气象站低 0.5 °C 左右。9 月中旬以后至 10 月底,温差呈增加趋势。此期间气象站的平均日最低温度为 15.5 °C,而稻田最低温度的均值为 13.2 °C。另外从 2018 年 8 月旬和 9 月中旬降温过程来看,当出现降温过程时,稻田和气象站的日最低温度差值呈现增加的特征。

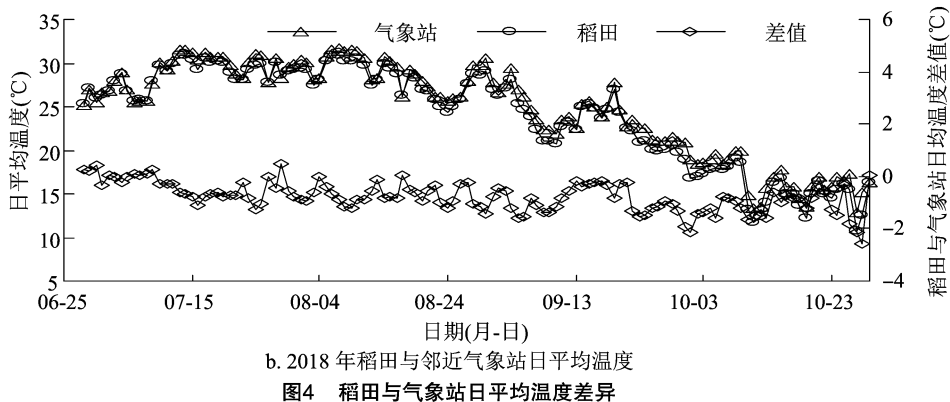
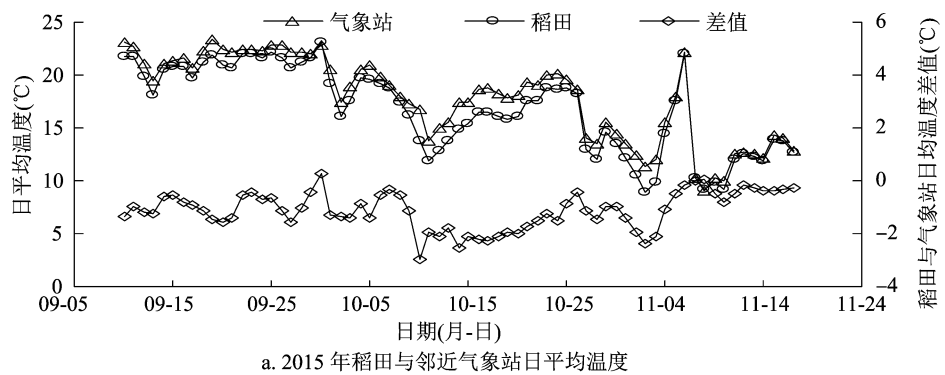
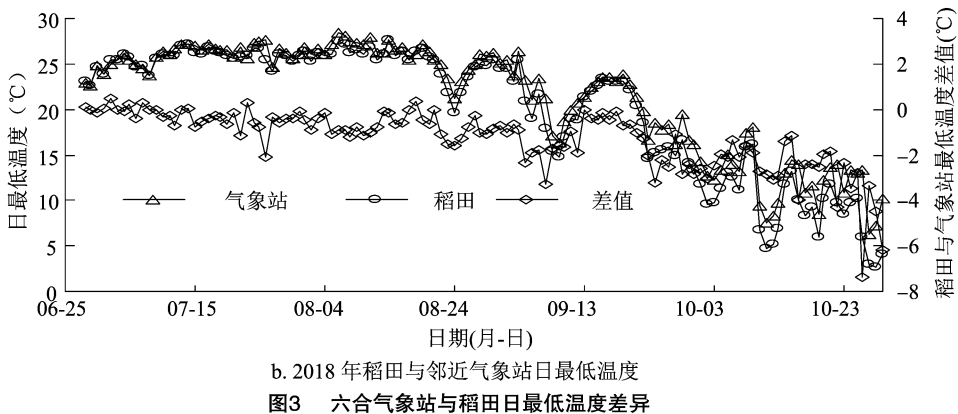
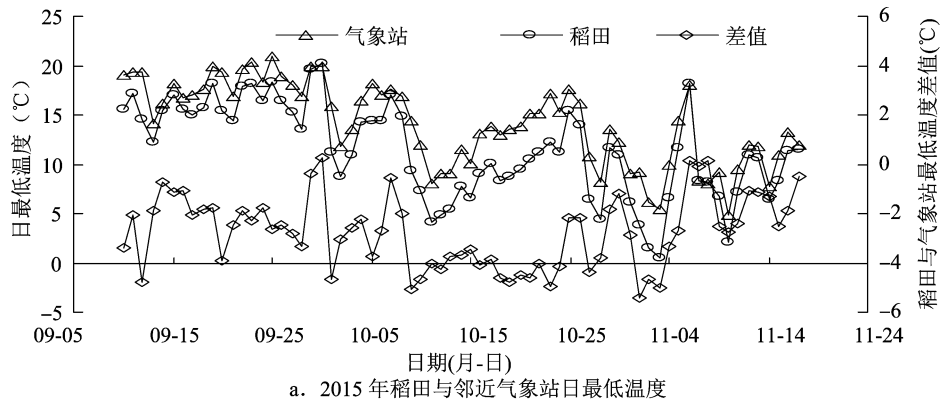
图 4 是稻田与邻近气象站日平均温度的差异图,可以看出,2015 年 9 月中旬至 11 月中旬六合气象站的日平均温度高于稻田 1.1 °C 左右。其中,稻田日平均温度均值为 16.8 °C,而邻近的六合气象站日平均温度均值为 17.9 °C。2018 年分蘖到拔节前

期(7 月 1—15 日)气象站点与稻田的日平均温度差异不明显,拔节后至抽穗开花期(7 月 16 日至 9 月 20 日)气象站点的日平均温度比稻田高 0.7 °C 左右,进入灌浆后(9 月 20 日至 10 月 29 日)两者差距又进一步增加,平均相差 1.2 °C 左右。生长前期的变化相对平稳,而后期可能与最低温度变化的特征相一致,在出现降温过程时,稻田与邻近气象站点的温度减值增加。

2.3 稻田与邻近台站温度差异对水稻产量损失的可能影响

综合上述稻田与气象站温度差异特征,高温发生时期稻田最高温度和最低温度分别比邻近气象站低 1.1、0.5 °C 左右。而高温期大气相对湿度在有灌溉条件的地区一般不会成为颖花发育的限制因子。

由于长江中下游地区 8—9 月温度日较差一般为 8~10 °C。研究中设定温度日较差为 9 °C,以 33、35、37、39、41 °C 为开花期气象站最高温度,进一步根据上述特征,利用江苏省农业科学院研制的水稻高温败育模型和 ORYZA2000 中的水稻高温败育模型分别估算了稻田和台站数据对水稻败育率的



影响,结果见表1。可以看出,2个高温败育模型总体表现一致,在最高温度低于35℃时,两者有10%左右的误差,随着最高温度的增加,两者模拟的败

育率趋于一致。同样,在高温指标低时,考虑稻田和气象站点最高温度和最低温度差异,模型估算得到的败育率要比直接利用站点数据下降50%,但随

表 1 水稻开花期不同模型不同环境温度对败育率的影响

| 最高温度 (℃) | 败育率(%) | | | |
|-------------|-----------|------|-----------|------|
| | ORYZA2000 | | 江苏农业科学院模型 | |
| | 气象站 | 稻田 | 气象站 | 稻田 |
| 33 | 4.4 | 1.8 | 5.0 | 1.4 |
| 35 | 20.3 | 9.1 | 23.5 | 10.9 |
| 37 | 58.4 | 35.5 | 57.4 | 38.7 |
| 39 | 88.6 | 75.2 | 87.1 | 74.5 |
| 41 | 97.7 | 94.3 | 97.8 | 94.5 |

着最高温度的增加,差异在减少。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过稻田和邻近气象台站的观测数据分析得出,稻田相对湿度比邻近气象台站高 8 个百分点左右。稻田日最高温度在分蘖至抽穗开花期比邻近气象站低 1.1℃,灌浆后差距缩小,10 月中旬后两者趋于一致;稻田日最低温度在分蘖至抽穗开花期比邻近气象站低 0.7℃左右,9 月中旬以后,随着低温过程的频发,该差距呈增加趋势。开花后稻田日最低温度比邻近气象站低 2℃以上。利用 ORYZA2000 模型中温度与结实率的关系和江苏省农业科学院研制的水稻高温败育模型,考虑稻田与气象站温度差异后,在日最高温度低于 35℃时,败育率的估算值比直接利用气象站的温度指标低 50%左右,此后随着日最高温度的增加,两者的差异呈减小趋势。

3.2 讨论

作物生长发育和品质的形成取决于农田生态环境,而这方面的观测和监测在近年来随着传感器的普及和遥感技术的发展得到了一些开展^[1,18]。但如何结合现有气象站点的资料进行农田和气象站气象要素的差异分析,一方面可以充分利用现有丰富的气象台站数据,另一方面可以更准确地分析环境因子对作物生长发育和气象灾害的影响。目前,有关稻田农田生态环境与邻近气象台站的差异虽有初步分析,但系统性还不强;对差异形成的原因、影响因素等尚缺乏深入探讨^[7-9]。如何进一步构建农田小气候模型,进行相关差异分析与模拟,对更好地利用气象台站资料具有重要作用。

近年来,随着精细化气象业务的开展,精细化区域作物长势和产量预测及灾害损失评估研究越来越多^[19-20]。利用台站资料进行气象要素空间插值是获取区域高分辨率气象数据的常用方法。但插值研究只适用于类似下垫面,而在下垫面变化较

大时,还要分析下垫面变化的可能影响。因此,本研究将有助于提升精细化区域作物长势分析、产量预测及灾损评估的精度。

参考文献:

[1]王莉,潘瑜春,王映龙,等. 基于 Geo-WebServices 的农田环境动态监测与评价分析系统[J]. 农业工程学报,2013,29(5):109-116.

[2]陈晶,匡迎春,王戈,等. 基于 Android 的农田环境监控 APP 设计[J]. 农业工程,2017,7(3):29-32.

[3]郭建茂,白玛仁增,梁卫敏,等. 两湖地区水稻抽穗开花期高温热害时空分布[J]. 中国农业气象,2019,40(1):51-61.

[4]王石立,马玉平. 作物生长模拟模型在我国农业气象业务中的应用研究进展及思考[J]. 气象,2008,34(6):3-10.

[5]王江. 冬小麦主要发育期农田小气候与大气气候相关规律的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2003.

[6]张邦琨,张路,陈官文. 水稻田间小气候特征与生产潜力关系研究[J]. 耕作与栽培,1999(增刊1):66-69.

[7]杨爱萍,杜筱玲,刘文英. 晚稻大田气温变化特征及其与气象站气温的关系[J]. 生物灾害科学,2013,36(1):105-110.

[8]姚仪敏,闫浩亮,陈建珍,等. 利用微气象测定仪 MINCER 分析热害条件下的水稻冠层微气象特征[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(6):1067-1071.

[9]郭建茂,王阳阳,李淑婷,等. 台站气温推算稻田温度及其对水稻高温热害的评判[J]. 自然灾害学报,2018,27(3):162-171.

[10]周立宏,李秀芬,王伯伦,等. 稻田小气候特征及其对水稻产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):81-85.

[11]王旭清,王法宏,任德昌,等. 小麦垄作栽培的田间小气候效应及对植株发育和产量的影响[J]. 中国农业气象,2003,24(2):5-8.

[12]宋瑞明,王卫光,张翔宇,等. 江苏省水稻高温热害发生规律及未来情景预估[J]. 灌溉排水学报,2017,36(1):40-46.

[13]张倩,赵艳霞,王春乙. 长江中下游地区高温热害对水稻的影响[J]. 灾害学,2011,26(4):57-62.

[14]Lu G, Wu Yo, Bai W, et al. Influence of high temperature stress on net photosynthesis, dry matter partitioning and rice grain yield at flowering and grain filling stages [J]. Journal of Integrative Agriculture,2013,12(4):603-609.

[15]骆宗强,石春林,江敏,等. 孕穗期高温对水稻物质分配及产量结构的影响[J]. 中国农业气象,2016,37(3):326-334.

[16]石春林,金之庆,汤日圣,等. 水稻高温败育模拟模型[J]. 中国水稻科学,2007,21(2):220-222.

[17]Bouman B A M, Kropff M J, Tuong T P, et al. ORYZA2000: modeling lowland rice[J]. IRRI Books,2001:235.

[18]郭建茂,王锦杰,吴越,等. 基于卫星遥感与气象站点数据的水稻高温热害监测和评估模型的改进[J]. 自然灾害学报,2018,27(1):163-174.

[19]李晶,王婉昭,刘东明,等. 2017 年辽宁省春夏季精细化气象干旱监测评估[J]. 气象与环境学报,2019,35(3):100-105.

[20]石晓燕,汤亮,刘小军,等. 基于模型和 GIS 的小麦空间生产力预测研究[J]. 中国农业科学,2009,42(11):3828-3835.