

安徽省早稻小满寒及高温逼熟时空分布特征

张晓明¹, 桂沁园¹, 王建华² (1. 安徽省巢湖市气象局, 安徽巢湖 238000; 2. 山西省朔城区气象局, 山西朔州 036002)

摘要 利用安徽地区均匀分布的国家常规气象观测站 1960—2012 年逐日气象观测数据, 结合前人研究的双季早稻生长季低温及高温致灾临界气象指标, 运用 Matlab 软件统计分析了安徽地区各气象站点小满寒及高温逼熟历年发生次数的多时间尺度特征, 并进行了相关的检验。结果表明, 小满寒灾害高值区主要位于安徽北部的砀山和宿县, 而高温逼熟重灾区主要在皖南的安庆地区。从时间变化上看, 安徽省双季稻区小满寒具有明显的下降趋势, 高温逼熟发生次数相对较为稳定。小波分析结果表明, 在 2012 年以后, 小满寒和高温逼熟等值线处于偏多年且未闭合, 表明未来一段时间安徽地区仍处于小满寒及高温逼熟重灾区。

关键词 早稻; 小满寒; 高温逼熟; 时空分布特征; 安徽省

中图分类号 S16 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)27-0190-04

Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Grain Buds Cold and Heat-forced Maturity Early Rice in Anhui Province

ZHANG Xiao-ming¹, GUI Qin-yuan¹, WANG Jian-hua² (1. Chaohu City Meteorological Bureau of Anhui Province, Chaohu, Anhui 238000; 2. Shuocheng District Meteorological Bureau of Shanxi Province, Shuozhou, Shanxi 036002)

Abstract Using daily meteorological data of national meteorological observation station in Anhui from 1960 to 2012, combined with previous studies about low temperature and high temperature disaster critical meteorological index of early rice, to analysis of the multiple time scale characteristics of grain buds cold and heat-forced maturity in Anhui meteorological stations by Matlab software, and then carried on the related examination. The results showed that the hardest hit of grain buds cold contains Dangshan and Suxian in northern of Anhui, while that of heat-forced maturity was mainly in Anqing in southern of Anhui. From view of time, the occurrence of grain buds cold had an obvious downward trend, but that of heat-forced maturity was relatively stable. Wavelet analysis results showed that, after 2012, the isogram of grain buds cold and heat-forced maturity were more occurrences and were not closed, which indicated Anhui Province would still affected severely by grain buds cold and heat-forced maturity for next years.

Key words Early rice; Grain buds cold; Heat-forced maturity; Temporal and spatial distribution characteristics; Anhui Province

安徽地区地处长江中下游平原, 境内地形复杂多变, 峰峦叠嶂, 全年降水适宜, 光照充足, 热量资源丰富, 是全国 13 个主产稻米省份之一, 水稻一直是其主要粮食作物, 该省兼有南北稻区的特点, 双季稻和一季稻均有种植。安徽省位于亚热带和暖温带的过渡地带, 在双季早稻种植过程中, 春季易遭受北方冷空气南下的影响, 使得早稻雄性不育、分蘖数减少, 有效穗数减少以及空壳率增加。而夏季受副热带高压控制, 水稻灌浆期易遭受持续高温天气影响, 使得水稻的产量和品质急剧下降, 严重影响了粮食的可持续发展, 也给粮农带来了巨大的经济损失。

水稻生长发育最适宜的温度在 17~30℃, 而且处于不同的发育阶段具有明显不同的三基点温度, 当日平均气温低于发育下限温度或高于发育上限温度时, 水稻生长发育受限。根据低温对水稻的影响机理, 可将冷害分为延迟型冷害、障碍型冷害和混合型冷害 3 种类型^[1-3]。水稻整个生长季的每个阶段都有可能发生冷害, 芽期、苗期、孕穗期和开花灌浆期均对低温非常敏感^[4-7]。温度过高也不利于水稻的生长发育, 花期高温会影响水稻花药开裂以及花粉管的伸长^[8-9], 灌浆期高温将导致籽粒灌浆加速, 有效灌浆期缩短, 籽粒充实度降低, 进而影响籽粒千粒重^[10]。日平均温度超过 30℃持续 3 d 以上就会造成花器官发育不全和花粉发育异常, 导致结实率普遍下降或籽粒发育畸形^[11]。在双季早稻种植区, 春季易遭受来自于北方冷空气南下的影响, 此时双季早稻正处于幼穗分化期, 持续的低温天气过程导致水

稻在盛夏季节, 我国南方地区受副热带高压控制, 极端高温天气现象频繁发生。笔者利用安徽地区均匀分布的国家常规气象观测站 1965—2012 年逐日气象观测数据, 结合前人研究的双季早稻生长季低温及高温致灾临界气象指标, 系统研究安徽省早稻小满寒及高温逼熟时空分布特征, 为双季早稻的种植和气象灾害防御决策提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 气象资料的来源 气象数据来源于 1960—2012 年安徽省常规气象观测站数据, 主要包括逐日平均温度、日最高温度、日最低温度等。在运用数据前先对数据进行质量控制, 以保证数据资料的一致性。

1.2 小满寒及高温逼熟致灾指标的确定 小满寒和高温逼熟是制约安徽省早稻生长发育和产量形成的主要障碍, 小满寒是处于幼穗分化期的早稻突遇北方冷空气南下降温, 日平均气温低于 20℃、日最低气温低于 16℃持续 3 d 及以上的农业气象灾害, 持续的春季低温过程易造成雄心不育、有效分裂减少、品质降低。高温热害一般是指高温对作物的生长发育以及产量造成的危害, 对于水稻而言, 主要是受盛夏季节副热带高压的影响, 此时双季早稻正值灌浆期, 持续的高温天气使得水稻剑叶呼吸速度增加, 灌浆速率受阻, 干物质积累减少, 蒸腾强度增加, 千粒重下降。笔者在总结前人研究的基础上, 将日平均气温低于 20℃、日最低气温低于 16℃作为水稻幼穗分化期春季冷害临界温度, 持续 3 d 及以上作为一次春季低温过程。同理把日平均气温 ≥ 30℃和日最高气温 ≥ 35℃作为水稻高温热害临界温度, 持续 3 d 及以上作为一次高温过程。

1.3 数据处理 根据上述指标, 运用 Matlab 软件分别计算

安徽省各站点发生小满寒和高温逼熟日数。运用 ArcGIS 空间分析模块的反距离权重法^[12]依次对发生日数数据进行空间插值。运用 Excel 软件对年际变化数据进行分析,突变检验^[13]采用 Matlab 编程完成。

2 结果与分析

2.1 双季早稻小满寒及高温逼熟空间分布特征 由图 1a 可知,1960—2012 年安徽省早稻种植期间小满寒的平均发生站次为 1.0~4.0 次/a,即安徽省小满寒灾害每年均有发生,有的站次甚至一年发生多次,可见安徽省小满寒灾害发生较为频繁。小满寒的发生规律在地区上大致表现为:从南到北小满寒发生频次逐渐增加,安徽北部的砀山和宿县发生频次较高,为 3.5~4.0 次/a,其中砀山最高,为 4.0 次/a;其次为亳州、阜阳和寿县以及南部的宁国,发生频次为 2.9~

3.4 次/a;发生频次最低的地区为安徽省南部的安庆,为 1.0 次/a,其次为中部的合肥和巢湖及最南部的屯溪,发生频次为 1.7~2.2 次/a,其他地区小满寒发生频次为 2.3~2.8 次/a。

由图 1b 可知,近 53 年安徽省高温逼熟灾害的频次分布与小满寒灾害相反,发生频次总体表现为南高北低趋势。高温逼熟发生频次最高的地区为安庆,为 3.8 次/a,发生频次以砀山最低,为 1.0 次/a。安徽省北部高温逼熟发生频次在 1.0~2.1 次/a,砀山、宿县和亳州为低发区,发生频次为 1.0~1.6 次/a。安徽省南部高温逼熟发生频次普遍较高,为 2.2~3.8 次/a,除安庆和亳州及其周边地区外的大部分区域高温逼熟发生频次为 2.2~2.7 次/a。

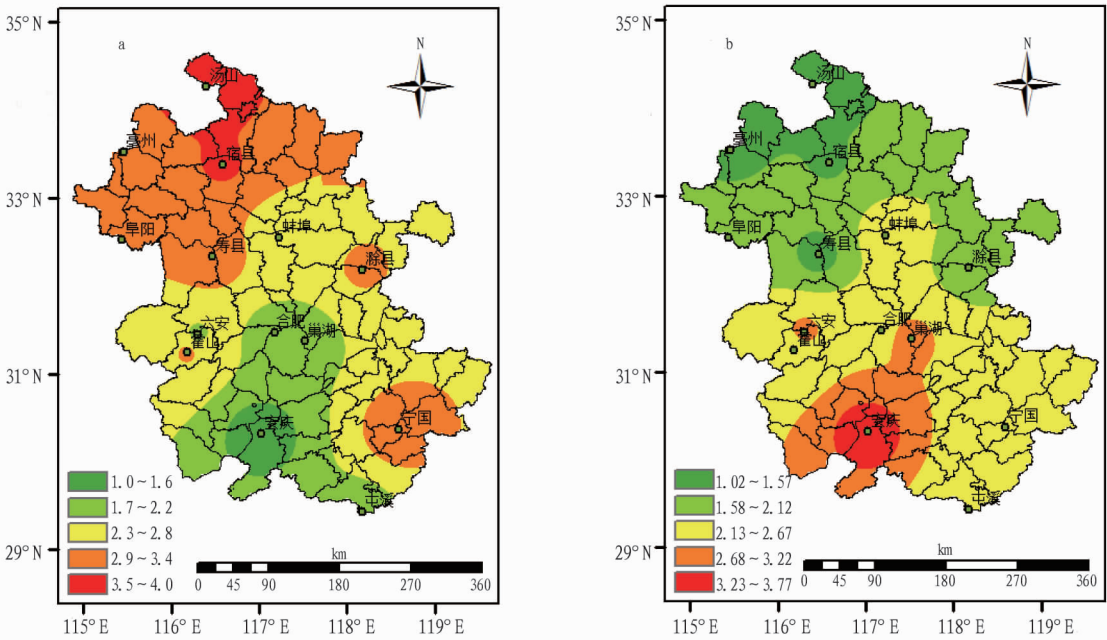


图 1 1960—2012 年安徽省小满寒(a)和高温逼熟(b)平均发生次数分布(单位:次/a)

Fig.1 Distribution of the average occurrence times of grain buds cold (a) and heat - forced maturity (b) in Anhui Province from 1960 to 2012

2.2 双季早稻小满寒及高温逼熟时间变化规律 从图 2 可看出,1960—2012 年安徽省全省小满寒的发生次数随时间变化存在较明显的波动性,平均发生 2.7 次/a,但整体上发生次数呈现减少趋势,20 世纪 90 年代前后变化较明显,1960—1990 年发生次数为 1.0~6.2 次/a,平均发生次数为 3.0 次/a,1991—2012 年小满寒发生次数为 0.4~4.2 次/a,平均为 2.2 次/a,这种减少趋势可能是因为全球气候变暖、气温回升较快引起的。全省高温逼熟发生次数每年的波动性也很明显,但整体上来看发生次数较平稳,1960—2012 年高温逼熟发生次数平均为 2.1 次/a。2000 年前后高温逼熟发生次数差异较大,1962—1999 年发生次数两极变化较明显,而 2000—2012 年发生次数则相对更为稳定,这也可能与全球气候变暖有关,气候变暖导致 6 月 21 日—7 月 20 日持续高温时间更为集中,因此 2000—2012 年高温逼熟偏多年份的统计次数较 1962—1999 年偏少。

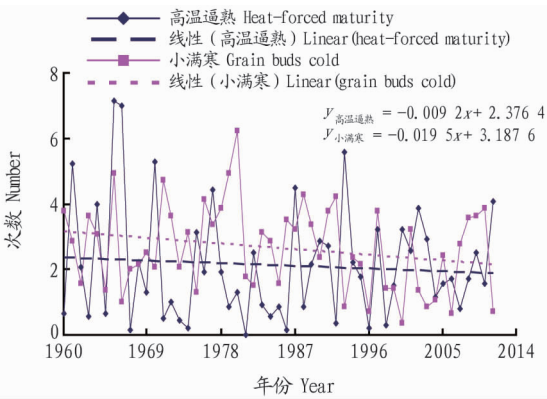


图 2 1960—2012 年安徽省高温逼熟和小满寒年平均发生次数

Fig.2 The average occurrence times of grain buds cold and heat-forced maturity in Anhui Province from 1960 to 2012

2.3 双季早稻小满寒及高温逼熟 M - K 检验 从图 3 可看

出,1960—2012 年安徽省小满寒和高温逼熟平均发生次数在 2 条临界线内检验曲线存在明显的交点,说明安徽省早稻小满寒和高温逼熟灾害随着时间的变化均存在显著的突变特征。小满寒,1979—2005 年 UF 值逐渐增加,说明在此期间小满寒发生次数有明显增加的趋势,其中在 1994 年左右存在

明显的突变点,后期增加趋势较前期明显,说明气候变化在一定程度上增加了小满寒发生次数。高温逼熟 UF 线具有明显的振荡特征,突变点发生在 2005 年左右,其中在 1990—2005 年有微弱的下降趋势,突变点之后高温逼熟有增加趋势,说明 2005 年之后是安徽省高温逼熟灾害发生偏多年。

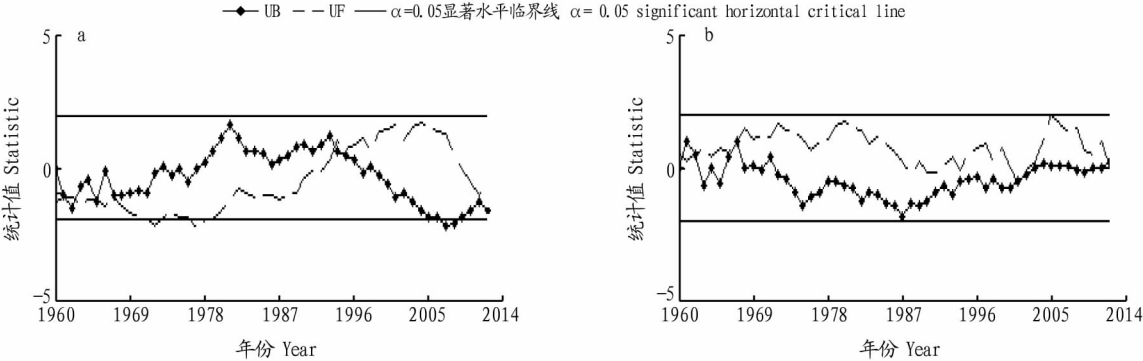


图3 1960—2012 年安徽省小满寒(a)和高温逼熟(b)发生次数 M-K 突变检验

Fig.3 M-K mutation test of the occurrence times of grain buds cold (a) and heat-forced maturity (b) in Anhui Province from 1960 to 2012

2.4 双季早稻小满寒及高温逼熟周期变化特征

2.4.1 小满寒。从图 4a 可以看出,1960—2012 年安徽省小满寒灾害发生次数存在 2~3、5~12 和 13~22 年中小尺度以及中心尺度为 40 年左右的 35~45 年大尺度的周期性变化;4 类时间尺度小满寒发生次数呈少—多交替振荡出现,其中 35~45 年大尺度上存在准 1 次振荡,13~22 年尺度上存在准 3 次振荡,5~12 年尺度上存在准 6 次振荡,2~3 年小尺度上这种振荡次数更多。小波方差(图 4b)显示,小满寒发生次

数存在 4 个较明显的峰值,依次对应的时间尺度为 3、10、17 和 42 年,其中最大峰值对应的时间为 42 年,说明 42 年左右的周期振荡最明显,为小满寒发生第 1 主周期;10 年对应的为第 2 峰值,为小满寒发生的第 2 主周期;3 和 17 年分别为小满寒发生的第 3 和第 4 主周期。小波系数模等值图(图 4c)显示,5~12 年时间尺度的模值最大,其对应的时间为 20 世纪 70—80 年代,说明 5~12 年时间尺度周期在此时间内的变化最明显。

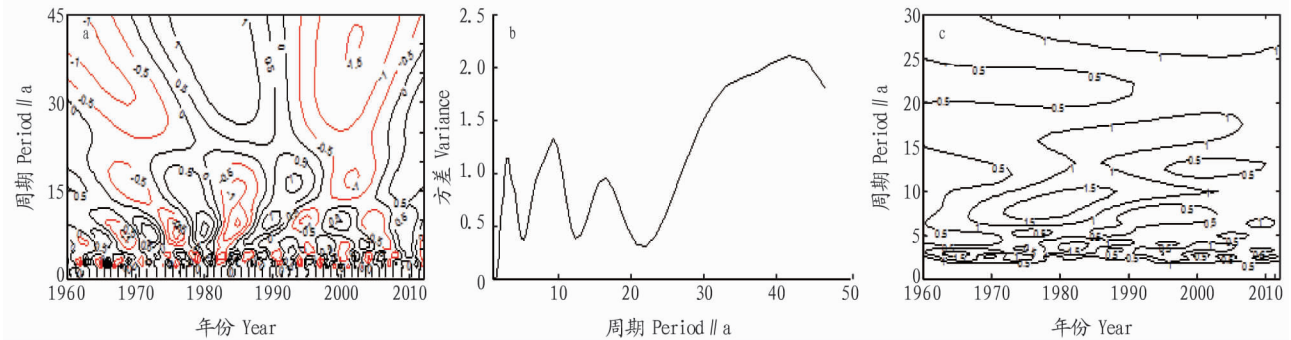


图4 1960—2012 年安徽省早稻小满寒小波系数实部(a)、小波方差(b)和小波系数模值(c)

Fig.4 Wavelet coefficients real part(a), wavelet variance (b) and wavelet coefficients modulus value(c) of grain buds cold of early rice in Anhui Province from 1960 to 2012

2.4.2 高温逼熟。从图 5a 可看出,1960—2012 年安徽省高温逼熟发生次数存在 2~3、4~7、8~15 和 25~35 年尺度的周期性变化,其中 4~7 年尺度的周期性变化主要发生于 20 世纪 60—90 年代初,且 4 类时间尺度的高温逼熟发生次数呈多—少交替振荡出现;25~35 年尺度上存在准 2 次振荡,8~15 年尺度上存在准 4 次振荡,4~7 年尺度上存在准 6 次振荡,2~3 年小尺度上振荡次数更多。小波方差(图 5b)显示,高温逼熟发生次数存在 4 个较明显的峰值,其对应的时间尺度分别为 2、5、12 和 30 年;其中 12 年对应的方差为最大峰值,所以安徽省高温逼熟发生的第 1 主周期为 12 年;5 年

对应的峰值次之,所以高温逼熟发生的第 2 主周期为 5 年;2 和 30 年分别为高温逼熟发生的第 3 和第 4 主周期。小波系数模等值图(图 5c)显示,8~15 年时间尺度对应的系数模值最大,说明 8~15 年周期性变化明显,其中 20 世纪 70 年代内的系数模值最大,说明 8~15 年周期在此时段内表现最显著。

3 结论

以 1960—2012 年观测数据为基础,分析了近 53 年安徽省早稻种植期间小满寒和高温逼熟灾害时空分布特征,结果表明,小满寒灾害以安徽北部的砀山和宿县发生频次较高,为 3.5~4.0 次/a;高温逼熟灾害发生频次最高地区为南部

的安庆,发生频次为 3.8 次/a。时间上,小满寒灾害平均发生 2.7 次/a,发生次数整体上呈现减少趋势;高温逼熟发生次数平均为 2.1 次/a,发生次数相对稳定。小波分析结果表明,小满寒灾害发生的第 1、第 2、第 3、第 4 主周期依次为 42、

10、13、17 年,周期性变化内小满寒发生次数呈少—多振荡出现;高温逼熟灾害发生的第 1、第 2、第 3、第 4 主周期分别为 12、5、2 和 30 年,灾害周期性发生时灾害次数呈多—少交替出现的特征较明显。

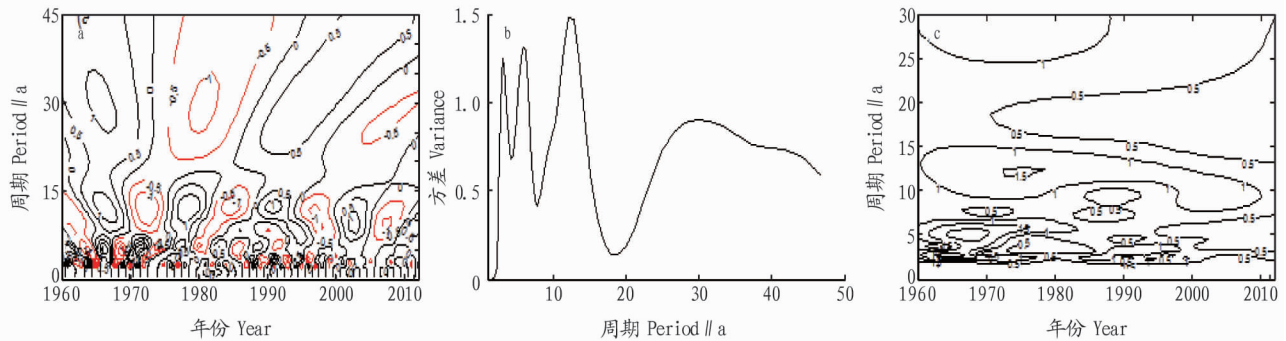


图 5 1960—2012 年安徽省早稻高温逼熟小波系数实部(a)、小波方差(b)和小波系数模值(c)

Fig.5 Wavelet coefficients real part(a), wavelet variance (b) and wavelet coefficients modulus value(c) of heat-forced maturity of early rice in Anhui Province from 1960 to 2012

参考文献

- [1] MAVI H, TUPPER G J. Agrometeorology: Principles and applications of climate studies in agriculture [M]. New York: Food Products Press, 2004.
- [2] 何英彬, 陈佑启, 唐华俊. 水稻冷害研究进展 [J]. 中国农业资源与区划, 2008, 29(2): 33-38.
- [3] TAO F L, ZHANG S, ZHANG Z. Changes in rice disasters across China in recent decades and the meteorological and agronomic causes [J]. Regional environmental change, 2013, 13(4): 743-759.
- [4] STHAPIT B R. Chilling injury of rice crop in Nepal: A review [J]. Journal of the institute of agriculture and animal science, 1992, 13: 1-32.
- [5] 刘民. 水稻低温冷害分析及研究进展 [J]. 黑龙江农业科学, 2009(4): 154-157.
- [6] JIAO J, XU X B, MENG Y. Analysis of rice chilling injury and countermeasures in Heilongjiang province [J]. Agricultural meteorology, 2004, 25(2): 27-29.
- [7] LIU X F, ZHANG Z, SHUAI J B, et al. Impact of chilling injury and global warming on rice yield in Heilongjiang province [J]. Journal of geographical sciences, 2013, 23(1): 85-97.
- [8] KOTI S, REDDY K R, REDDY V R, et al. Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (*Glycine max* L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths [J]. J Experiment Botany, 2005, 56(412): 725-736.
- [9] MATSUI T, KOBAYASI K, YOSHIMOTO M, et al. Stability of rice pollination in the field under hot and dry conditions in the Riverina region of New South Wales [J]. Australia Plant Prod Sci, 2007, 10(1): 57-63.
- [10] 陶龙兴, 谈惠娟, 王熹, 等. 高温胁迫对国稻 6 号开花结实习性的影响 [J]. 作物学报, 2008, 34(4): 669-674.
- [11] 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.
- [12] 刘素霞. 地理信息系统原理与技术 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2006: 171-173.
- [13] 符徐斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法 [J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.

(上接第 73 页)

未达到显著水平。

不同品种间,因品种特性的不同,种植的最佳密度应有区别。长势旺盛、分枝性强的品种,最佳密度要适当减小。相同的品种,在不同的栽培条件下,种植的最佳密度也应相应改变。栽培条件好的,可适当降低密度。其中薯绿 1 号与徐菜薯 2 号,种植的适宜密度应在密度 B_3 和密度 B_4 之间。在温、光、水、肥条件好的地块种植时,可选择密度 B_3 左右,条件一般的地块选择密度 B_4 左右。而福薯 7-6 不同种植密度对产量影响不显著,长势强、种植条件好的,密度可适当小些,可选择密度 B_2 。

3.2 讨论 该研究选用不同叶型的 3 个品种(系),小叶型品种薯绿 1 号的产量在同等条件下小于中等花叶型品种(系)徐菜薯 2 号和大叶型品种福薯 7-6。小叶型品种丰产性略显不足,与中等花叶型品种(系)需要合理密植才能达到较高产量,而大叶型品种产量在不同密度处理下产量没有显著差异。

徐茜等^[7]研究认为一定范围内茎尖产量随密度增大而提升,在该研究中,小叶型品种薯绿 1 号和中等大小花叶型品种(系)徐菜薯 2 号的产量表现随密度增大而提升,与文献报道一致;不同的密度处理条件下大叶型品种福薯 7-6 的产量变化并不显著,与文献报道不一致。

参考文献

- [1] 欧行奇, 任秀娟, 杨国堂. 甘薯茎尖与常见蔬菜的营养成分分析 [J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(5): 630-633.
- [2] 邱才飞, 袁照年. 甘薯综合应用的研究进展 [J]. 江西农业学报, 2007, 19(1): 40-43.
- [3] 曹清河, 刘义峰, 李强, 等. 菜用甘薯国内外研究现状及展望 [J]. 中国蔬菜, 2007(10): 41-43.
- [4] 曹清河, 李志仙, 李强, 等. 菜用甘薯新品种薯绿 1 号的选育 [J]. 中国蔬菜, 2017(3): 70-72.
- [5] 蔡南通, 黄华康, 邱永祥, 等. 叶菜型甘薯新品种福薯 7-6 选育及其配套栽培技术 [J]. 福建农业学报, 2006, 21(1): 12-15.
- [6] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2010: 105-109.
- [7] 徐茜, 黎华, 杨洪霞, 等. 重庆地区叶菜用甘薯不同栽植密度下茎尖产量及其食用品质评价 [J]. 南方农业学报, 2015, 46(4): 587-591.