

甘薯主要经济性状与气象因子的相关性分析

后 猛,王 欣,张允刚,唐 维,马代夫,李 强

(中国农业科学院甘薯研究所,农业部甘薯生物学与遗传育种重点实验室,江苏徐州甘薯研究中心,江苏徐州 221131)

摘要:选择7个不同肉色的甘薯品种,在不同生育期测定其最长蔓长、分枝数、结薯数、块根干率、块根鲜质量、薯干淀粉、还原性糖、可溶性糖和粗蛋白含量,以研究不同肉色甘薯块根主要经济性状与气象因子的相关性。结果表明,参试甘薯品种的产量性状与气象因子的相关性较高;白肉品种(徐薯28和徐薯18)和紫肉品种(徐薯3号)的品质性状与气候因子的相关性较高,黄肉品种(徐薯23和徐0314)和桔红肉品种(徐3228和徐5919)的品质性状与气象因子的相关性较低;多数经济性状日增长量与主要气象因子日增长量关系不大,伴随着日平均气温的增加,单株分枝数增长速度提高,随着日照时数增加,块根可溶性糖积累速度加快,而当降水量增多时,块根还原糖积累速度放缓。

关键词:甘薯;经济性状;气象因子;相关性

中图分类号:S531 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)增刊-0243-05

Study on Correlation Analysis of Main Economic Characters of Sweetpotato and Meteorological Factors

KOU Meng, WANG Xin, ZHANG Yun-gang, TANG Wei, MA Dai-fu, LI Qiang
(Sweetpotato Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Sweetpotato, Ministry of Agriculture, Jiangsu Xuzhou Sweetpotato Research Center, Xuzhou 221131, China)

Abstract: Correlation analysis between main economic characters of sweetpotato and meteorological factors were studied in present paper. Several kinds of economic traits in 7 different color-fleshed sweetpotato varieties at 50, 64, 78, 92, 106, 120, 134 d after transplanting were investigated, and these traits included number of branches, longest vine length, number of storage roots, storage root fresh weight, dry matter content, starch content, reducing sugar content, soluble sugar content, crude protein content. The results showed that the yield-related traits of tested sweetpotato varieties had higher correlation with meteorological factors. The quality-related traits of white-fleshed sweetpotato varieties (Xushu 28 and Xushu 18) and purple-fleshed varieties (Xuzishu 3) had higher correlation with meteorological factors, while that of yellow-fleshed sweetpotato varieties (Xushu 23 and Xu 0314) and orange-fleshed sweetpotato varieties (Xu 3228 and Xu 5919) had lower correlation with meteorological factors. For most of tested varieties, the relationship between daily growth rates of the economic traits and main meteorological factors was not evident.

Key words: Sweetpotato; Economic traits; Meteorological factors; Correlationship

甘薯 [*Ipomoea batatas*(L.) Lam.] 是我国第四大粮食作物,也是一种新型能源和优质保健作物。根据肉色和利用方式不同,甘薯被分为淀粉型、食用型、花青素型和胡萝卜素型等多种类型。甘薯产量

和品质形成主要是遗传基因与环境因子综合作用的结果^[1-3],不仅受品种自身的遗传特性的影响,而且还与甘薯生长期间的环境条件^[4-6]和栽培措施^[7-8]有关。

收稿日期:2013-09-10

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(11)1027);江苏省科技支撑计划项目(BE2011301);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-11);国家高技术研究发展计划“863计划”项目(2012AA101204)

作者简介:后猛(1981-),男,山东曹县人,助理研究员,硕士,主要从事甘薯遗传育种研究。

通讯作者:李强(1971-),男,江苏徐州人,研究员,博士,主要从事甘薯遗传育种研究。

在影响甘薯经济性状的诸多环境因子中,科研工作者的研究重点主要集中在肥料对甘薯植株生长及品质影响方面^[9-11],而关于甘薯产量和品质与甘薯生长期气候生态因子间的关系研究还不够。因此,很有必要对甘薯经济性状与气候因子的关系作进一步深入探讨。为此,本研究通过对多个不同肉色品种的产量和品质性状及其构成要素与生育期间的气候条件进行相关性分析,旨在阐明气候因素对甘薯经济性状的影响效应,为产量和品质的生态改良及优质、高产栽培提供科学理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

以不同肉色的7个不同甘薯品种(系)为材料,其中白肉甘薯2个,即徐薯18和徐薯28;黄肉甘薯2个,即徐0314和徐薯23;桔红肉甘薯2个,即徐5919和徐3228;紫肉甘薯1个,即徐紫薯3号,均由江苏徐州甘薯研究中心选育。

1.2 试验方法

2011年5-10月在江苏徐州甘薯研究中心育种室试验田进行。随机区组排列,3次重复,每小区种植3行,每行20株,共60株。行距85cm,株距23cm,走道50cm,土壤肥力中等,田间管理与一般大田相同。大田栽插后50d开始,每隔2周挖根调查一次,共计挖根7次。田间调查项目包括:单株最长蔓长、分枝数、结薯数、鲜薯质量、薯块干物质率等;室内品质分析项目:采用丙酮提取法测定鲜薯类胡萝卜素含量^[12],利用VECTOR22/N型傅立叶变换近红外反射光谱仪测定块根干基淀粉、粗蛋白、可溶性糖和还原糖含量^[13]。

1.3 分析方法

利用SPSS软件进行试验数据的统计分析,所需当年气象资料均由徐州气象站提供。

2 结果与分析

2.1 甘薯主要产量相关性状与气候因子的相关性分析

不同肉色甘薯品种在整个生育进程中气象因素与块根鲜质量等6个主要产量性状的相关分析结果(表1)表明,7个参试甘薯品种中,除单株分枝数和单株结薯数与气象因子的相关性很小外,其余4个产量性状与气象因子的相关性较高。

对所有供试品种而言,最长蔓长、单株鲜薯质量和薯干质量分别与积温、20cm以下地温、日照时

数、降雨量以及相对湿度正相关,与日平均气温和日平均温差负相关,且多数相关性达到显著水平;而T/R值分别与积温、20cm以下地温、日照时数、降雨量以及相对湿度负相关,与日平均气温和日平均温差正相关,且多数达到显著相关性。

2.2 甘薯主要品质性状与气候因子的相关性分析

不同肉色甘薯品种在整个生育进程中气象因素与薯块干物质含量等5个主要品质性状的相关分析结果(表2)表明,供试材料中白肉品种(徐薯28和徐薯18)和紫肉品种(徐紫薯3号)的品质性状与气候因子的相关性较高,黄肉品种(徐薯23和徐0314)和桔红肉品种(徐3228和徐5919)的品质性状与气象因子的相关性较少。

对徐薯28、徐薯18和徐紫薯3号而言,薯块干基淀粉含量分别与积温、20cm以下地温、日照时数、降雨量以及相对湿度显著正相关,与日平均温差显著负相关;薯块干基可溶性糖含量分别与积温、20cm以下地温、日照时数、降雨量以及相对湿度显著负相关,与日平均气温和日平均温差显著正相关;而薯块干基粗蛋白含量分别与积温、20cm以下地温、日照时数、降雨量以及相对湿度负相关性较高,与日平均温差正相关较高,且多数相关性达到显著水平。

徐薯23、徐0314、徐3228和徐5919这4个品种的薯块干基淀粉含量与主要气候因子的相关性也较高,其中薯块干基淀粉含量分别与积温、20cm以下地温、日照时数、降雨量以及相对湿度具有较高的正相关性,与日平均温差具有较高的负相关性;黄肉品种(徐薯23和徐0314)的薯块干基可溶性糖含量与主要气候因子的相关性较高,而桔红肉品种(徐3228和徐5919)的薯块干基可溶性糖含量与主要气候因子的相关性却较低。

2.3 主要经济性状日增长量与气候因子日增长量的相关性

在甘薯整个生育期内,供试品种主要产量和品质性状平均值的日增长量与部分气候因子日增长量的相关性见表3。分析结果表明,单株分枝数与日平均气温显著正相关,薯块可溶性糖干质量与日照时数显著正相关,而薯块还原糖干质量与降水量显著负相关,但是大多数产量及品质性状日增长量与主要气象因子日增长量没有明显关系。因此,随着日平均气温的逐渐增加,甘薯的单株分枝数增长速度提高;随着日照时数增加,块根可溶性糖积累速度加快;而当降水量增多时,块根还原糖积累速度减缓。

表 1 不同甘薯品种生育过程中气候因素与主要产量性状的相关系数

Tab.1 The correlation coefficients of climatic factors and main yield traits among various sweetpotato varieties during whole developing stage

品种 Varieties	产量性状 Yield traits	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7
徐薯 28 Xushu 28	YT1	-0.056	0.625	-0.301	-0.072	-0.131	0.072	-0.111
	YT2	0.090**	-0.474	-0.923**	0.893**	0.862*	0.946**	0.879**
	YT3	-0.130	0.435	0.002	-0.139	-0.175	-0.059	-0.167
	YT4	0.959**	-0.689	-0.851*	0.958**	0.945**	0.988**	0.954**
	YT5	0.974**	-0.721	-0.853*	0.973**	0.961**	0.990**	0.970**
	YT6	-0.768*	0.245	0.757*	-0.757*	-0.737	-0.773*	-0.734
徐薯 18 Xushu 18	YT1	-0.635	0.656	0.593	-0.642	-0.603	-0.741	-0.650
	YT2	0.881**	-0.456	-0.894**	0.874*	0.845*	0.863*	0.860*
	YT3	-0.595	0.293	0.657	-0.591	-0.543	-0.756*	-0.580
	YT4	0.953**	-0.893**	-0.674	0.957**	0.976**	0.890**	0.968**
	YT5	0.954**	-0.883**	-0.690	0.958**	0.974**	0.893**	0.968**
	YT6	-0.982**	0.694	0.894**	-0.981**	-0.962**	-0.954**	-0.975**
徐薯 23 Xushu 23	YT1	-0.077	0.585	-0.279	-0.093	-0.163	-0.024	-0.128
	YT2	0.972**	-0.607	-0.926**	0.968**	0.943**	0.959**	0.958**
	YT3	0.446	0.022	-0.801*	0.437	0.334	0.566	0.410
	YT4	0.947**	-0.648	-0.904**	0.946**	0.906**	0.965**	0.937**
	YT5	0.950**	-0.630	-0.907**	0.948**	0.909**	0.962**	0.938**
	YT6	-0.792*	0.287	0.767*	-0.782*	-0.762*	-0.801*	-0.760*
徐 0314 Xu 0314	YT1	-0.576	0.496	0.319	-0.576	-0.636	-0.509	-0.583
	YT2	0.0975**	-0.727	-0.855*	0.974**	0.964**	0.983**	0.973**
	YT3	0.087	-0.035	0.059	0.086	0.117	0.149	0.090
	YT4	0.961**	-0.719	-0.883**	0.961**	0.930**	0.984**	0.957**
	YT5	0.960**	-0.671	-0.910**	0.958**	0.924**	0.988**	0.952**
	YT6	-0.873*	0.382	0.862*	-0.864*	-0.838*	-0.885**	-0.844*
徐 3228 Xu 3228	YT1	0.320	0.170	-0.320	0.308	0.303	0.338	0.278
	YT2	0.837*	-0.355	-0.857*	0.828*	0.799*	0.846*	0.809*
	YT3	-0.462	0.508	0.241	-0.468	-0.474	-0.387	-0.469
	YT4	0.927**	-0.793*	-0.688	0.928**	0.951**	0.909**	0.936**
	YT5	0.918**	-0.765*	-0.687	0.919**	0.942**	0.899**	0.926**
	YT6	-0.932**	0.514	0.866*	-0.926**	-0.906**	-0.931**	-0.912**
徐 5919 Xu 5919	YT1	-0.047	0.591	-0.365	-0.064	-0.134	0.051	-0.098
	YT2	0.939**	-0.642	-0.857*	0.936**	0.923**	0.889**	0.931**
	YT3	0.285	-0.780*	0.137	0.302	0.353	0.279	0.337
	YT4	0.966**	-0.876**	-0.693	0.970**	0.989**	0.917**	0.978**
	YT5	0.963**	-0.883**	-0.694	0.967**	0.983**	0.935**	0.977**
	YT6	-0.886**	0.415	0.836*	-0.877**	-0.862*	-0.868*	-0.859*
徐紫薯 3 号 Xuzishu 3	YT1	-0.239	0.582	-0.152	-0.251	-0.312	-0.120	-0.272
	YT2	0.990**	-0.697	-0.867*	0.988**	0.971**	0.963**	0.982**
	YT3	-0.453	0.438	0.223	-0.455	-0.505	-0.433	-0.461
	YT4	0.854*	-0.823*	-0.626	0.858*	0.867*	0.789*	0.870*
	YT5	0.854*	-0.807*	-0.641	0.858*	0.865*	0.789*	0.869*
	YT6	-0.808*	0.532	0.671	-0.805*	-0.790*	-0.707	-0.795*

注: 本表只列出部分主要产量性状与气象因子间的相关系数; YT1. 单株分枝数; YT2. 最长蔓长; YT3. 单株结薯数; YT4. 单株鲜薯质量; YT5. 单株薯干质量; YT6. T/R 值; CF1. 积温; CF2. 日平均气温; CF3. 日平均温差; CF4. 20 cm 以下地温; CF5. 日照时数; CF6. 降雨量; CF7. 相对湿度; *, **. 相关性分别表示 5% 和 1% 差异显著水平。表 2 3 同。

Note: Part of correlation coefficients between 6 main yield traits and 7 climatic factors were listed in this table; YT1. Number of branches per plant; YT2. Longest vine length; YT3. Number of storage roots per plant; YT4. Storage root fresh weight per plant; YT5. Storage root dry weight per plant; YT6. T/R value; CF1. Total accumulated temperature; CF2. Daily mean air temperature; CF3. Daily mean temperature difference; CF4. Earth temperature 20 cm underground; CF5. Total sunshine duration(hours); CF6. Total rainfall; CF7. Total relative humidity; * and **. Mean a significant difference at 5% and 1% probability levels ,respectively. The same as Tab. 2 3.

表 2 不同甘薯品种生育过程中气候因素与主要品质性状的相关系数

Tab. 2 The correlation coefficients of climatic factors and main quality traits among various sweetpotato varieties during whole developing stage

品种 Varieties	产量性状 Yield traits	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7
徐薯 28 Xushu 28	QT1	0.933**	-0.512	-0.903**	0.927**	0.899**	0.895**	0.911**
	QT2	0.958**	-0.554	-0.919**	0.953**	0.924**	0.953**	0.939**
	QT3	-0.275	0.500	0.301	-0.285	-0.261	-0.352	-0.305
	QT4	-0.887**	0.786*	0.802*	-0.891**	-0.863*	-0.929**	-0.897**
	QT5	-0.784*	0.259	0.943**	-0.774*	-0.724	-0.836*	-0.751
徐薯 18 Xushu 18	QT1	0.874*	-0.402	-0.853*	0.865*	0.843*	0.838*	0.847*
	QT2	0.976**	-0.620	-0.895**	0.972**	0.954**	0.947**	0.962**
	QT3	-0.586	0.615	0.568	-0.591	-0.573	-0.607	-0.601
	QT4	-0.910**	0.857*	0.761*	-0.916**	-0.903**	-0.906**	-0.924**
	QT5	-0.582	0.118	0.616	-0.571	-0.565	-0.587	-0.554
徐薯 23 Xushu 23	QT1	0.561	-0.001	-0.582	0.547	0.538	0.533	0.519
	QT2	0.741	-0.356	-0.639	0.734	0.720	0.779*	0.719
	QT3	-0.116	0.295	-0.003	-0.123	-0.119	-0.271	-0.139
	QT4	-0.633	0.582	0.360	-0.636	-0.645	-0.659	-0.641
	QT5	-0.403	-0.035	0.471	-0.394	-0.348	-0.469	-0.366
徐 0314 Xu 0314	QT1	0.647	-0.040	-0.764*	0.633	0.603	0.641	0.602
	QT2	0.821*	-0.415	-0.803*	0.815*	0.780*	0.897**	0.799*
	QT3	-0.175	0.127	0.201	-0.177	-0.146	-0.351	-0.178
	QT4	-0.604	0.430	0.537	-0.604	-0.572	-0.709	-0.601
	QT5	-0.686	0.098	0.823*	-0.674	-0.623	-0.697	-0.644
徐 3228 Xu 3228	QT1	0.006	0.463	-0.106	-0.009	-0.012	-0.012	-0.038
	QT2	0.747	-0.405	-0.841*	0.744	0.683	0.867*	0.731
	QT3	-0.079	0.321	0.131	-0.089	-0.054	-0.232	-0.106
	QT4	-0.224	0.306	0.373	-0.230	-0.171	-0.378	-0.238
	QT5	0.096	-0.690	0.311	0.114	0.174	0.017	0.155
徐 5919 Xu 5919	QT1	0.453	0.179	-0.610	0.436	0.408	0.454	0.402
	QT2	0.831*	-0.459	-0.953**	0.827*	0.766*	0.908**	0.814*
	QT3	-0.183	0.243	0.378	-0.188	-0.135	-0.316	-0.196
	QT4	-0.330	0.256	0.563	-0.331	-0.262	-0.460	-0.333
	QT5	-0.699	0.142	0.782*	-0.687	-0.664	-0.737	-0.663
徐紫薯 3 号 Xuzishu 3	QT1	0.762*	-0.210	-0.828*	0.751	0.717	0.739	0.725
	QT2	0.966**	-0.656	-0.939**	0.964**	0.925**	0.961**	0.955**
	QT3	-0.044	0.116	0.259	-0.048	0.004	-0.209	-0.056
	QT4	-0.889**	0.774*	0.830*	-0.893**	-0.854*	-0.896**	-0.896**
	QT5	-0.768*	0.272	0.977**	-0.760*	-0.681	-0.813*	-0.736

注: 本表只列出部分主要品质性状与气象因子间的相关系数; QT1. 薯块干物质含量; QT2. 干基淀粉含量; QT3. 干基还原糖含量; QT4. 干基可溶性糖含量; QT5. 干基粗蛋白含量。

Note: Part of correlation coefficients between 6 main quality traits and 7 climatic factors were listed in this table; QT1. Dry matter content; QT2. Starch content; QT3. Reducing sugar content; QT4. Soluble sugar content; QT5. Crude protein content.

3 讨论

甘薯喜温怕寒, 适宜在全生育期有效积温 3 000 °C 以上、无霜期不短于 120 d 的地区种植。温度对块根形成的影响最为直接, 形成块根的最适温度为 24 °C, 此温度下, 形成层细胞活动旺盛, 利于块根形成^[14]。块根膨大以 22 ~ 23 °C 最为适宜, 扩大昼夜

温差有利于块根的形成和膨大^[15]。甘薯是短日照植物, 光照充足, 可以提高其光合作用效率; 遮阴处理则会降低紫肉甘薯块根中干物质、总淀粉含量和淀粉积累速率, 以及花青素的含量和积累量^[16]。水分是植物细胞生命活动和新陈代谢的重要物质, 作为收获地下块根部分的作物, 土壤水分与甘薯生长关系极为密切。在土壤含水量 10% 以下(相对湿度

40% 以下) 时, 茎叶生长受到严重伤害^[17]; 如果土壤水分过多(田间持水量 90% 以上), 则通透性差, 容易形成纤维根, 由于缺氧而抑制块根膨大。

表 3 主要产量及品质性状日增长量与 7 个气象因素日增长量的相关性

Tab. 3 The correlation coefficients between daily growth rates of main yield and quality traits and 7 climatic factors in different sweetpotato varieties

性状 Traits	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7
YT1	0.711	0.823*	-0.141	0.663	-0.018	0.347	0.334
YT2	0.597	0.665	-0.400	0.547	-0.231	0.120	0.563
YT3	0.330	0.378	-0.272	0.349	-0.544	0.353	0.413
YT4	-0.263	-0.253	-0.054	-0.249	0.074	0.572	0.392
YT5	-0.179	-0.152	-0.091	-0.170	-0.022	0.542	0.428
YT6	-0.578	-0.721	-0.085	-0.508	0.045	0.151	0.072
QT6	-0.093	-0.241	-0.133	-0.044	-0.072	0.633	0.563
QT7	0.034	0.282	0.352	-0.080	0.330	-0.841*	-0.584
QT8	0.124	0.393	0.261	0.002	0.803*	-0.311	-0.331
QT9	-0.473	-0.484	0.334	-0.464	0.271	0.313	0.112

注: QT6. 淀粉干质量; QT7. 还原糖干质量; QT8. 可溶性糖干质量; QT9. 粗蛋白干质量。

Note: QT6. Starch dry weight; QT7. Reducing sugar dry weight; QT8. Soluble sugar dry weight; QT9. Crude protein dry weight.

综上所述, 影响甘薯块根膨大及品质形成的因素很多, 既有内在因子(基因型、发育状态等), 又有外在因素(水分、温度、肥料水平、种植密度、栽插期等), 这些因素之间既相互联系, 又相互制约。笔者研究表明, 不同肉色甘薯品种主要经济性状与气候因子相关性有一定的差异, 特别是品质性状与气候因子相关性差异较大。因此, 甘薯育种工作者在利用分子克隆、遗传转化等生物技术途径提高产量和改良品质的同时, 还要多关注环境条件对甘薯经济性状的影响。通过选育良种, 培育壮苗, 适时栽插, 合理密植, 优化肥料配比, 旱灌涝排, 及时防虫治病等诸多配套措施, 以达到甘薯的优质、高产生产。

参考文献:

- [1] Collins W W, Wilson L G, Arrendel S *et al.* Genotype × environment interactions in sweetpotato yield and quality factors[J]. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 1987, 112(3): 579–583.
- [2] Naskar S K, Singh D P. Genotype × environment interaction for tuber yield in sweetpotato[J]. *Journal of Root Crops*, 1992, 18(2): 85–88.
- [3] 陆国权, 黄华宏, 何腾弟. 甘薯维生素 C 和胡萝卜素含量的基因型、环境及基因型与环境互作效应的分析[J]. *中国农业科学*, 2002, 35(5): 482–486.
- [4] Caliskan M E, Sogut T, Boydak E *et al.* Growth yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars in the southeastern anatolian and east mediterranean regions of turkey[J]. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2007, 31(4): 213–228.
- [5] 后 猛, 李 强, 唐忠厚, 等. 不同生态环境对甘薯主要品质性状的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(9): 1180–1184.
- [6] 谢一芝, 邱瑞镰, 林长平, 等. 环境条件对甘薯营养品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 1991(6): 22–23.
- [7] 吴文明. 高产优质甘薯新品种岩薯 5 号优化栽培研究[J]. *福建农业学报*, 2010, 25(4): 438–443.
- [8] 张立明, 王庆美, 何钟佩. 脱毒和生长调节剂对甘薯内源激素含量及块根产量的影响[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(1): 70–77.
- [9] 姚保全. 甘薯氮磷钾肥效与适宜用量研究[J]. *福建农业学报*, 2007, 22(2): 136–140.
- [10] 陆国权, 唐忠厚, 黄华宏. 不同施钾水平甘薯直链淀粉含量和糊化特性的基因型差异[J]. *浙江农业学报*, 2005, 17(5): 280–283.
- [11] 黄梅卿, 蔡开地, 姚宝全. 不同氮磷钾施用水平对甘薯经济指标的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2004, 26(2): 254–258.
- [12] Ma D F, Li Q, Li X Y, *et al.* Selection of parents for breeding edible varieties of sweetpotato with high carotene content[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(10): 1166–1173.
- [13] 唐忠厚, 李洪民, 马代夫. 甘薯蛋白质含量近红外反射光谱分析模型应用研究[J]. *中国食品学报*, 2008, 8(4): 169–173.
- [14] 张瑞明. 气象条件对甘薯栽培和品质的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2007.
- [15] 刘 颢, 陆胜相, 韦世丽. 甘薯高产栽培与气象条件浅析[J]. *贵州气象*, 2005, 29(6): 35–36.
- [16] 王庆美, 侯夫云, 汪宝卿, 等. 遮阴处理对紫甘薯块根品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(1): 192–200.
- [17] 肖利贞. 土壤干旱对甘薯生育及产量的影响[J]. *华北农学报*, 1995, 10(2): 106–110.