

网络出版时间:2015-12-02 14:25 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.01.022
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20151202.1425.044.html>

气象灾害对天水市蜜桃生产影响的评估

许彦平¹, 姚晓红¹, 刘晓强¹, 许赞恺², 强玉柱¹

(1 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741018; 2 甘肃天水小陇山林业局, 甘肃 天水 741020)

[摘要] 【目的】评估农业气象灾害对天水市蜜桃生产的影响, 为有效防御农业气象灾害, 最大限度减轻或避免农业损失提供参考。【方法】在提取了1982—2011年天水市蜜桃生产总产量、主要农业气象灾害影响因子的基础上, 利用统计学方法对主要农业气象灾害划分等级; 根据综合灾情指数评估天水市蜜桃生产的农业气象灾害类型, 并与实际情况进行对比分析。【结果】影响天水市蜜桃正常生长的主要农业气象灾害为: 蜜桃花芽萌动至开放的早春3月上中旬干旱、仲春4月上中旬花期高温干旱、低温冻害和蜜桃第2次速生膨大至果实成熟期7月下旬—8月上旬低温连阴雨灾害。1982—2011年间, 天水市蜜桃生产综合评估有农业气象灾害19年, 实况轻、中、重和特重灾害共18年, 评估准确率95%, 除轻灾、重灾评估准确率略低外, 中灾评估准确率达83%, 无灾和特重灾害评估准确率均达100%。【结论】根据本研究提取的灾害因子进行综合灾害评估的效果比较理想, 对农业防灾减灾有一定的指导意义。

[关键词] 气象; 灾害; 蜜桃生产; 评估

[中图分类号] S662.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)01-0149-06

Evaluation on influence of meteorological disasters to peach production in Tianshui city

XU Yan-ping¹, YAO Xiao-hong¹, LIU Xiao-qiang¹, XU Yun-kai², QIANG Yu-zhu¹

(1 Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui, Gansu 741018, China;

2 Xiaolongshan Forest Experiment Bureau of Gansu Province, Tianshui, Gansu 741020, China)

Abstract: 【Objective】To effectively defend the agricultural meteorological disasters and provide references for minimizing agricultural losses, this study evaluated the influence of agricultural meteorological disasters on peach production in Tianshuicity. 【Method】After extracting the peach production data from 1982 to 2011 and the main agricultural meteorological disaster factors, statistical method was used to classify levels of main agricultural meteorological disasters. Then comprehensive disaster index was used to evaluate agricultural meteorological disaster types of peach production and the results were compared with actual situation. 【Result】The main meteorological disasters affecting growth of peaches included drought at flower-bud germinating and blooming stages in early and middle March, high temperature, drought and freezing at flowering stage in early and middle April, as well as low temperature and continuous rain at the second fast growing and inflating stage to fruit maturing stage from late July to early August. There were 19 disaster years predicted from 1982 to 2011 while the actual years were 18 for mild, moderate, severe and worst disasters. Thus, the evaluation accuracy was 95%. Specifically, the evaluation accuracy on moderate disasters was 83%, and that on no-disaster and the worst disaster were 100%. 【Conclusion】The disaster evaluation result was ideal and could be used in prevention and reduction of agricultural disasters.

[收稿日期] 2014-05-04

[基金项目] 公益性行业(气象)科研专项“中国北方果树霜冻灾害防御关键技术研究”(201206049); 甘肃省气象局面上项目“果树气象灾害风险的综合评估技术和方法研究”(2014-12)

[作者简介] 许彦平(1963—), 男, 甘肃天水人, 高级工程师, 主要从事应用气象试验研究。E-mail: xyping1963@163.com

Key words: meteorological; disaster; peach production; evaluation

灾害风险评估是一项新型研究课题,由于对自然灾害的形成机理了解不详细,因此评估工作复杂,难度较大。目前比较公认的研究方法是利用风险源、风险载体的风险等级进行风险评估。近年来,气象灾害评估技术研究已引起众多学者的高度关注,但大多为单种气象灾害^[1-4]或农业生态地区法基础上的定性化研究。特别是针对多年生果树,在实况灾害资料极度缺乏的情况下,对气象灾害的危害进行评估更为困难,因此有关果树气象灾害风险评估的研究报道很少。为此,本研究以天水市蜜桃为研究对象,主栽培区秦安、麦积、秦州两区一县为研究区域,利用统计学方法确定影响天水蜜桃生产的主要农业气象灾害因子,并将各农业气象灾害因子划分等级进行量化评估,以期有效防御农业气象灾害,最大限度减轻或减免农业损失提供参考。

1 资料来源及处理

1.1 研究区域及资料选取

由于天水市蜜桃主要分布于渭北干旱山区的秦安县和干旱半干旱河谷区麦积、秦州两区,此两区一县的蜜桃产量占全市总产量的 97% 以上。因此,选取种植面积较大的秦安、麦积、秦州两区一县作为代

表点。相关气象、产量数据源自 1982—2011 年气象观测和统计年鉴资料。

1.2 资料处理

1.2.1 蜜桃产量资料的处理 影响作物产量的因素主要有自然因素和非自然因素两大类,一般将单产分解为趋势产量、气候产量和随机噪声进行气象产量分离。但果树一般需要 3~5 年才开始陆续挂果,单产资料中蜜桃的实际单产除受以上因素影响外,不同树龄果园产量差异也比较大,因此对单产进行气象产量分离存在较大困难,而采用蜜桃总产量分离气象产量,能在一定程度上消除这些因素的影响^[5-6]。因此,将蜜桃总产量资料按 3 年、5 年滑动平均法和线性法、多项式法、指数法等多种函数分解方法提取趋势产量,结果发现,蜜桃趋势产量以多项式法的提取效果最佳(图 1)。为消除区域间农业水平和气象条件时空差异对分析结果的影响,用蜜桃总产量动态相对偏差百分率^[7](式(1))来表征天水蜜桃产量与气象条件的相关程度。

$$Y'_i = (Y_i - y_i) / y_i \times 100\% \tag{1}$$

式中: i 为年份; Y'_i 为 i 年蜜桃气候产量动态相对偏差百分率; Y_i 为 i 年蜜桃实际产量; y_i 为 i 年蜜桃趋势产量。

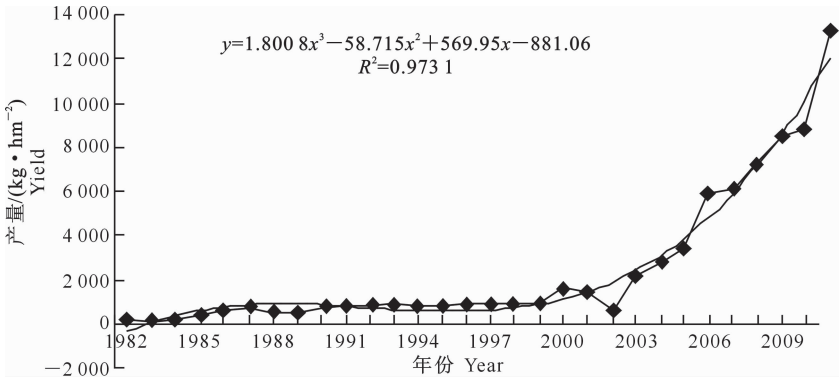


图 1 天水市蜜桃趋势产量的年际变化分布

Fig. 1 Inter-annual changing of peach production in Tianshui city

1.2.2 相关气象资料的处理 根据蜜桃的生长习性,将前一年 9 月至当年 9 月作为蜜桃的生长季,并按候、旬、月、季、全生长季为时段,统计时段内自然环境的平均气温、平均最高气温、平均最低气温、降水量、大气相对湿度、日照时数及这些因子间相互组合配置等气象因子资料。为了消除各气象因子不同量纲对统计结果的影响,各气象因子均用其距平百分率^[8]进行统计。

2 结果与分析

2.1 天水市蜜桃生产中主要农业气象灾害因子的提取

农业气象灾害对果树生长的影响极为复杂,往往并非由某单一气象要素异常而引起,而以多要素之间的配置异常更为多见^[9]。将天水蜜桃栽培区秦安、麦积、秦州两区一县的光(日照时数)、温(旬月平

均气温、最高和最低平均气温、日较差等)、水(旬月降水量、大气相对湿度)等主要气象要素进行不同形式配置组合,与蜜桃气候产量动态相对偏差百分率(Y'_i)进行逐步回归,得出回归方程为:

$$Y'_i=1.496-2.015X_1-3.882X_2+18.033X_3+17.463X_4。(2)$$

$R=0.698,n=30,F=4.996\geq F_{0.01}=4.18$ 。
式中: X_1 表示秦安 3 月上中旬平均气温与降水量之比; X_2 表示秦安仲春 4 月上中旬平均最高气温与平均气温、大气相对湿度之积的比值; X_3 表示秦安仲春 4 月上中旬平均最低气温、大气相对湿度之积与平均气温的比值; X_4 表示麦积 7 月下旬到 8 月上旬气温日较差、日照时数之积与降水量的比值。

天水蜜桃一般于早春 3 月花芽萌动、开放,仲春 4 月上中旬开花,7 月下旬—8 月上旬果实 2 次速生膨大、着色并陆续成熟。从式(2)可以看出:天水蜜桃生长期主要农业气象灾害以蜜桃花芽萌动至开放期干旱、花期高温干旱和低温冻害及果实 2 次速生膨大、着色期低温连阴雨灾害影响最大。农业气象灾害的分布及影响程度与天水独特的地理、地形及气候特征不无关系,天水地处黄土高原与西秦岭山地交错区的干旱半干旱农林过渡区域,冬季干而不冷,无明显冻害;渭北干旱山区早春干燥少雨,升温快,气温波动大,高、低温交替出现年份对果树正常开花坐果^[10]的影响极大;主要雨季多集中于 7—9 月,正常年份的降雨量基本能够满足果实速生膨大生长需求,但多雨年份,特别是干旱半干旱河谷区的低温连阴雨天气不仅影响果实着色成熟,而且还会导致大量落果。式(2) $F\geq F_{0.01}$,说明选取的各灾害因子可基本反映蜜桃栽培区农业气象灾害的实况分布。

2.2 天水市蜜桃生产中的气象灾害评估

2.2.1 灾情指数的计算 目前应用比较普遍的危害风险等级评估模型^[11]为:

$$P=V\times H\times\lambda。(3)$$

式中: P 为风险指数, V 为载体脆弱性指数, H 为单一灾害危险性指数, λ 为不同灾害间的危险性指数。由于许多自然灾害的形成机理尚不明确,因此

评估难度很大。实际工作中可按照风险事件发生的频率设定其可能性等级,按照风险事件发生的强度设定风险事件的强度等级^[12-13]。为此,将式(2)中 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 4 个标准化处理后的主要农业气象灾害因子作为气象灾害脆弱性指数(V)。考虑到单一气象灾害致灾因子发生强度和各灾害因子间发生频率(或对作物影响的贡献率)的不同,可将单一气象灾害因子不同强度发生频率作为相应灾害因子的危险性指数(H),不同气象灾害因子对作物影响的贡献率作为气象灾害因子间的危险性指数(λ)。根据式(4)可得到相应年份蜜桃气象灾害的灾情指数(P_{ik}),并以此作为灾害风险评估指标,与蜜桃相对气象产量实况分级进行对比分析。

$$P_{ik}=\sum_{j,k=1}^{4,4}V_{ijk}\times H_j\times\lambda_j。(4)$$

式中: P_{ik} 为气象灾情指数; V_{ijk} 为不同气象灾害等级分值(i 为年份; j 为气象灾害风险因子, j 分别取 1(萌芽至芽开放期干旱),2(花期高温干旱),3(花期低温冻害),4(蜜桃 2 次速生膨大至果实成熟期低温连阴雨灾害)); k 为各气象灾害的发生强度, k 取 0,1,2,3,4,分别表示无、轻、中、重和特重; H_j 为相应灾害风险因子的不同强度频率; λ_j 为不同气象灾害对作物影响的贡献率。灾情指数越大,表明蜜桃气象灾害灾情越重,对鲜桃产量的影响越大。

2.2.2 气象灾害等级的划分 将蜜桃生长期主要农业气象灾害因子 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的标准值作为成灾变异值(Z);用蜜桃气候产量动态相对偏差百分率 Y'_i 经标准化处理后的标准值作为灾害实况。再将 1982—2011 年 30 年的 X_3 、 X_4 标准值 ≤ -0.1 、 X_1 、 X_2 标准值 ≥ 0.1 的成灾变异值和 $Y'_i\leq 0.0$ 的灾害实况值,按其离散程度分成相等的 4 组,从小到大将灾情等级依次划分为轻灾、中灾、重灾和特重灾 4 个等级,对应 Z 值采用分级赋值和内插法依次赋以 1—3、4—6、7—9、10—12。 X_3 、 X_4 成灾变异值大于 0.1 为无灾; X_1 、 X_2 成灾变异值小于 0.1 为无灾,无灾年份的 V_{ijk} 按 0 分赋值(表 1), Y'_i 值大于 0.0 的年份为实况无灾年份。

表 1 天水市蜜桃生产中所遇灾害分级标准

Table 1 Classification standards for peach production disasters in Tianshui city					
指标 Index	无灾 No-disaster	轻灾 Mild disaster	中灾 Moderate disaster	重灾 Severe disaster	特重灾 Worst disaster
X_1	$V\leq 0.000$	$0.000<V\leq 0.908$	$0.908<V\leq 1.817$	$1.817<V\leq 2.726$	$V>2.726$
X_2	$V\leq 0.000$	$0.000<V\leq 1.803$	$1.803<V\leq 3.607$	$3.607<V\leq 5.411$	$V>5.411$
X_3	$V\geq 0.000$	$0.000>V\geq -0.052$	$-0.052>V\geq -0.105$	$-0.105>V\geq -0.158$	$V<-0.158$
X_4	$V\geq 0.000$	$0.000>V\geq -0.018$	$-0.018>V\geq -0.037$	$-0.037>V\geq -0.056$	$V<-0.056$
赋值范围 Value	0	1—3	4—6	7—9	10—12

2.2.3 主要农业气象灾害的发生频率 根据表 1 统计影响天水蜜桃生产的主要农业气象灾害发生频率,结果见表 2。由表 2 可见,1982—2011 年 30 年中,果实第 2 次膨大至成熟期的低温连阴雨灾害最

多,发生频率为 62%,花期低温冻害次之,发生频率为 54%,两种灾害均以中灾和特重灾为主;花期高温危害最少,发生频率为 35%。

表 2 天水市 1982—2011 年蜜桃生产中的不同等级灾害发生频率

Table 2 Frequency statistics of different peach production disasters in Tianshui city						%
指标 Index	无灾 No-disaster	轻灾 Mild disaster	中灾 Moderate disaster	重灾 Severe disaster	特重灾 Worst disaster	
X_1	50	27	8	4	11	
X_2	65	8	12	4	11	
X_3	46	9	15	11	19	
X_4	38	13	24	4	21	

2.2.4 不同气象灾害对作物影响的贡献率 不同气象灾害对作物影响的贡献率采用各灾害风险因子的影响权重(式(2)中不同灾害危险性指数占所有灾害危险性指数之和的百分比)^[14]来计算,有 $\lambda_{X_1}=5\%;\lambda_{X_2}=9\%;\lambda_{X_3}=44\%;\lambda_{X_4}=42\%$ 。可见,以春季低温冻害和果实第 2 次迅速膨大生长至成熟期低温阴雨灾害对天水市蜜桃生产的影响最大。

再将各种灾害发生频率(表 2)及不同气象灾害对作物影响的贡献率代入(4)式,计算逐年农业气象灾害综合灾情指数(P_{ik}),将逐年农业气象灾害综合灾情指数和蜜桃气候产量动态相对偏差百分率标准值均分成 1、2、3、4、5 相等的 5 组,对应灾害等级和灾害实况等级依次为无灾、轻灾、中灾、重灾和特重灾(表 3)。对天水市 1982—2011 年逐年主要农业气象灾害对蜜桃生产的影响进行综合评估,并与实况进行对比分析,结果见表 4。

2.3 天水市蜜桃生产中农业气象灾害的综合评价 将各气象灾害因子成灾变异值按照表 1 赋值,

表 3 天水市蜜桃生产中的综合灾情指数划分标准

综合灾情等级 Composite disaster level	综合灾情指数 Comprehensive disaster index	实况 Actual condition
无灾 No-disaster	$P_{ik} \leq 0.163$	$0.0 < Y'_i$
轻灾 Mild disaster	$0.163 < P_{ik} \leq 0.926$	$-2.231 < Y'_i \leq 0.0$
中灾 Moderate disaster	$0.926 < P_{ik} \leq 1.389$	$-4.462 < Y'_i \leq -2.231$
重灾 Severe disaster	$1.389 < P_{ik} \leq 1.852$	$-6.693 < Y'_i \leq -4.462$
特重灾 Worst disaster	$1.852 < P_{ik}$	$Y'_i < -6.693$

表 4 天水市蜜桃生产中的多年灾害评估(1982—2011 年)

Table 4 Evaluation of peach production disasters in Tianshui city(1982—2011)							
年份 Year	综合灾情指数 Comprehensive disaster index	灾情等级 Disaster level	实况 Actual situation	年份 Year	综合灾情指数 Comprehensive disaster index	灾情等级 Disaster level	实况 Actual situation
1982	0.104	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	1997	0.912	轻灾 Mild disaster	无灾 No-disaster
1983	0.424	轻灾 Mild disaster	轻灾 Mild disaster	1998	0.000	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster
1984	1.441	重灾 Severe disaster	重灾 Severe disaster	1999	1.203	中灾 Moderate disaster	中灾 Moderate disaster
1985	1.270	中灾 Moderate disaster	中灾 Moderate disaster	2000	0.084	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster
1986	0.000	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	2001	0.919	轻灾 Mild disaster	无灾 No-disaster
1987	0.027	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	2002	2.314	特重灾 Worst disaster	特重灾 Worst disaster
1988	1.695	重灾 Severe disaster	特重灾 Worst disaster	2003	1.288	中灾 Moderate disaster	中灾 Moderate disaster
1989	1.481	重灾 Severe disaster	重灾 Severe disaster	2004	1.147	中灾 Moderate disaster	中灾 Moderate disaster
1990	0.435	轻灾 Mild disaster	轻灾 Mild disaster	2005	2.315	特重灾 Worst disaster	特重灾 Worst disaster
1991	0.189	轻灾 Mild disaster	轻灾 Mild disaster	2006	0.045	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster
1992	0.968	中灾 Moderate disaster	轻灾 Mild disaster	2007	0.255	轻灾 Mild disaster	轻灾 Mild disaster
1993	0.911	轻灾 Mild disaster	轻灾 Mild disaster	2008	0.000	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster
1994	0.000	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	2009	1.234	中灾 Moderate disaster	中灾 Moderate disaster
1995	0.016	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	2010	1.838	重灾 Severe disaster	重灾 Severe disaster
1996	0.145	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster	2011	0.131	无灾 No-disaster	无灾 No-disaster

评估结果(表 4)显示,1982—2011 年间,天水市蜜桃生产无灾 11 年,与实况一致,评估准确率 100%。有灾 19 年,实况轻、中、重和特重灾害共 18 年,评估准确率 95%,其中轻灾 7 年,与实况相符的有 5 年,评估准确率 71%(1997、2001 年评估轻灾,实况无灾);中灾 6 年,与实况相符的有 5 年,准确率 83%(1992 年评估为中灾,实况为轻灾);重灾 4 年,除 1988 年实况为特重灾害外,其他 3 年均与实况相符,准确率 75%;特重灾 2 年,与实况一致,评估准确率 100%。由此可知,除轻灾、重灾评估准确率略低外,中灾评估准确率达 83%,无灾和特重灾害评估准确率均达 100%,灾害评估效果比较理想。

3 结论与讨论

由于果树灾害实况调查观测资料极少,给蜜桃灾害的评估研究工作带来了极大不便。本研究采用统计学方法,利用蜜桃产量资料,将用多项式法分解后的蜜桃总产量动态相对偏差百分率,按其离散程度确定为无灾、轻灾、中灾、重灾和特重灾 5 种灾害程度实况类型。结果显示,由于统计数据的限制以及资料的欠缺,不易量化的气象灾害风险因素导致指标因子不全面,但该评估方法在缺乏农业气象灾害实况观测调查资料的情况下,可作为多年生果树作物气象灾害研究的参考,对农业防灾减灾有一定的指导意义。

本研究结果显示,影响天水蜜桃正常生长的主要农业气象灾害为蜜桃花芽萌动至开放的早春 3 月上中旬干旱、仲春 4 月上中旬花期高温干旱、低温冻害和蜜桃第 2 次速生膨大至果实成熟期 7 月下旬—8 月上旬低温连阴雨灾害。综合评估结果表明:农业气象灾害综合评估有灾 19 年,实况轻、中、重和特重灾害共 18 年,评估准确率 95%,除轻灾、重灾评估准确率略低外,中灾评估准确率达 83%,无灾和特重灾害评估准确率均达 100%,灾害评估效果比较理想。

提取致灾因子采用统计学方法,虽然存在一定的局限性^[15],但本研究选取的主要致灾因子中,秦安初春 3 月上中旬平均气温与降水量之比值、仲春 4 月上中旬平均最高气温与平均气温、大气相对湿度之积的比值及平均最低气温、大气相对湿度之积与平均气温的比值反映了初春渭北干旱山区降水与气温配置的重要性以及花期极端高、低温天气和大气干燥程度对果树开花的影响;麦积 7 月下旬—8 月上旬气温日较差、日照时数与降水量的比值反映

了盛夏河谷区连阴雨气候特点及对蜜桃产量形成的影响。天水蜜桃生长季主要农业气象灾害分布与相应区域农业气候特征基本一致,将以上各因子作为影响天水蜜桃生产的主要农业气象灾害因子,具有较为显著的生物学意义。

[参考文献]

[1] 刘 濂,王 卫,刘东都,等.河北省 3 种农作物气象受灾程度分级与灾害损失率分区的研究 [J]. 生态农业研究,1997,5 (4):36-39.
Liu L, Wang W, Liu D D, et al. Classification of meteorological calamity degree for three crops and division of calamity loss rate in Hebei Province [J]. Journal of Eco-Agriculture, 1997, 5 (4):36-39. (in Chinese)

[2] 徐良炎,高 歌.近 50 年台风变化特征及灾害年景评估 [J]. 气象,2005,31(3):41-45.
Xu L Y, Gao G. Features of typhoon in recent 50 years and annual disaster assessment [J]. Meteorological Monthly, 2005, 31 (3):41-45. (in Chinese)

[3] 山义昌.冬小麦风雹灾害的等级划分与灾情评估 [J]. 气象, 1998,24(2):49-51.
Shan Y C. Classification and assessment of wind and hail disaster of winter wheat [J]. Meteorological Monthly, 1998, 24(2): 49-51. (in Chinese)

[4] 魏 丽,王保生.江西省区域性洪涝灾害模糊综合评判方法的研究 [J]. 中国农业气象,1998,19(1):49-52.
Wei L, Wang B S. A study of fuzzy comprehensive judgement method of regional flood disaster in Jiangxi Province [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 1998, 19(1):49-52. (in Chinese)

[5] 许彦平,姚晓红,万 信,等.天水蜜桃开花坐果期霜冻灾害气象风险评估 [J]. 中国农业气象,2013,34(5):606-610.
Xu Y P, Yao X H, Wan X, et al. Risk assessment of meteorological frost disaster during flowering and fruit bearing period of Tianshui peach [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2013, 34(5):606-610. (in Chinese)

[6] 许彦平,姚晓红,袁雅萍,等.农业气象灾害对天水苹果生产的影响研究 [J]. 果树学报,2009,26(5):593-598.
Xu Y P, Yao X H, Yuan Y P, et al. Effects of agro-meteorological disasters on apple production in Tianshui, Gansu Province [J]. Journal of Fruit Science, 2009, 26(5):593-598. (in Chinese)

[7] 许彦平,姚晓红,袁雅萍.气象灾害对天水苹果生产影响的评估技术研究 [J]. 自然资源学报,2010,25(1):155-161.
Xu Y P, Yao X H, Yuan Y P. A study on assessment technology of meteorological disaster for apple growth in Tianshui [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(1):155-161. (in Chinese)

[8] 许彦平,姚晓红,刘晓强,等.近 30a 甘肃天水气候资源变化对杏产量影响评估 [J]. 干旱区地理,2015,38(4):684-691.
Xu Y P, Yao X H, Liu X Q, et al. Impact assessment of the

Tianshui apricot yield under the climate resources change background in recent 30 years [J]. *Arid Land Geography*, 2015, 38 (4): 684-691. (in Chinese)

[9] 欧阳海, 郑步忠, 王雪娥, 等. 农业气候学 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 38-42.

Ou Y H, Zheng B Z, Wang X E. Agro-climatic study [M]. Beijing: Meteorological Press, 1990: 38-42. (in Chinese)

[10] 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学(下册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1988: 98-101.

Pan R Z, Dong Y D. Plant physiology (Next list) [M]. Beijing: Higher Education Press, 1988: 98-101. (in Chinese)

[11] 常立民. 花蕾期冻害对中、晚熟苹果坐果率的影响 [J]. *山西果树*, 1998(2): 11-12.

Chang L M. Impact of frozen injury on set percentage of middle and later mature apple [J]. *Shanxi Fruits*, 1998(2): 11-12. (in Chinese)

[12] 张 星, 郑有飞, 周乐照. 农业气象灾害灾情等级划分与年景评估 [J]. *生态学杂志*, 2007, 26(3): 418-421.

Zhang X, Zheng Y F, Zhou L Z. Grade classification and annual case assessment of agro-meteorological disasters in Fujian Province [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(3): 418-421. (in Chinese)

[13] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究 [J]. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 692-703.

Huo Z G, Li S K, Wang S Y, et al. The main agro-meteorological disaster risk assessment study of technology and its applications [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(6): 692-703. (in Chinese)

[14] 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 107-112.

Feng X Z, Tao B Y. Principles of agricultural meteorology [M]. Beijing: Meteorological Press, 1991: 107-112. (in Chinese)

[15] 段海来, 王春林, 唐力升, 等. 华南地区晚稻洪涝灾害风险评估 [J]. *生态学杂志*, 2014, 33(5): 1368-1373.

Duan H L, Wang C L, Tang L S, et al. Risk assessment of late rice flood disaster in south China [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(5): 1368-1373. (in Chinese)

(上接第 148 页)

[16] 范杰明. 柿叶中有效成分的提取与分离研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

Fan J M. Extraction and separation of effective constituents from persimmon leaves [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006. (in Chinese)

[17] 陈 佩, 李 平, 郝艳宾, 等. 柿果成熟过程中可溶性果胶和单宁含量的变化 [J]. *中国农业大学学报*, 2012, 17(1): 88-92.

Chen P, Li P, Hao Y B, et al. The change of soluble pectin and tannic during maturation of persimmon fruit [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2012, 17(1): 88-92. (in Chinese)

[18] Zhang L, Ravipati A S, Koyyalamudi S R, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(23): 12361-12367.

[19] 欧阳玉祝, 吴道宏, 李 勇. 几种药用植物总多酚含量及其抗氧化活性比较 [J]. *中国野生植物资源*, 2012, 31(2): 20-23.

Ouyang Y Z, Wu D H, Li Y. Comparison of the total polyphenol content and antioxidant activation for several kinds of medicinal plants [J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2012, 31(2): 20-23. (in Chinese)

[20] 梁 莹, 张建军, 梁永锋. 金银花中黄酮提取工艺研究及野生与人工种植金银花中黄酮含量的比较 [J]. *中南药学*, 2013, 11(3): 173-175.

Liang X, Zhang J J, Liang Y F. Extraction of flavonoids and flavonoid content in wild and artificial planting honeysuckle from different areas [J]. *Central South Pharmacy*, 2013, 11(3): 173-175. (in Chinese)

[21] 仲凤维, 王 迎, 万 晓, 等. 6 个银杏新品种叶片黄酮内酯含量的测定 [J]. *山东林业科技*, 2013(5): 20-22.

Zhong F W, Wang Y, Wan X, et al. Analysis of ecological indicators of six Ginkgo new varieties [J]. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2013(5): 20-22. (in Chinese)

[22] 丁向阳, 凌晓明, 王 欣, 等. 河南柿品种资源与生产现状 [J]. *河南林业科技*, 2001(3): 6-8.

Ding X Y, Ling X M, Wang X, et al. The variety resource of persimmon of Henan province and product situations [J]. *Journal of Henan Forestry Science and Technology*, 2001(3): 6-8. (in Chinese)