

扁桃在我国的适宜气候生态引种区研究

潘晓云¹, 王根轩^{1,*}, 曹孜义²

(1. 兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 兰州 730000; 2. 甘肃农业大学植物生理生化实验室, 兰州 730070)

摘要:对我国北方 26 个样点及 20 个国外扁桃分布区的 10 项气候要素进行主成分分析和模糊聚类, 结果表明: ①温度与热量、降水及其季节性分配(雨型)是决定扁桃引种栽培的主要气候因素。适于扁桃生长的气候因子指标为: 无霜期($>200\text{d}$)、年平均气温($>12\text{ }^{\circ}\text{C}$)、温暖指数($113\sim167$)、 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温($4000\sim6000\text{ }^{\circ}\text{C}$)、寒冷指数(<-25)、生长期降水量($<200\text{ mm}$)、生产期干燥度指数(<2.0)、年日照时数($>2500\text{ h}$)。与扁桃的中心栽培区相比, 生长季节热量不足、干热条件不匹配是我国北方各省引种扁桃所面临的普遍问题。②依据不同的水热条件, 可将 46 个样点划分为 6 个气候类型。其中, 适宜扁桃生长的气候类型有 2 类, 即地中海式气候区及中亚-西亚暖温带干燥气候区, 我国仅有新疆的喀什地区属此类气候类型。我国其它样点分属 2 类引种扁桃较困难的气候类型。第 1 类为热量不足地区, 包括属于温带半湿润气候区的大连、天水、庆阳、平凉、太原; 温带干旱半干旱气候区的兰州、银川、乌鲁木齐、武威、白银、张掖; 和寒温带半湿润气候区的榆中、呼和浩特、西宁。第 2 类为热量适宜但生长季节湿度过高地区, 包括暖温带半湿润气候区的北京、天津、石家庄、青岛、济南、郑州、西安、徐州。

关键词: 扁桃; 适宜气候生态区; 引种; 模糊聚类分析; 主成分分析

The climatic suitable ecotopes in China for introduction of almond

PAN Xiao-Yun¹, WANG Gen-Xuan^{1,*}, CAO Zi-Yi² (State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University Lanzhou 730000, China; 2. Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Multivariate techniques have been applied to the climate conditions of 46 selected sample plots. The result shows that temperature and heat, precipitation and its distribution among the seasons (rainy type) are the critical climatic factors to determine the introduction and cultivation of almond, specifically, frost-free period ($>200\text{d}$), Kira's warmth index ($113\sim167$), annual mean temperature ($>12\text{ }^{\circ}\text{C}$), $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature ($4000\sim6000\text{ }^{\circ}\text{C}$), Kira's coldness index (>-25), Kira's humidity/aridity index for growing period (<2.0), precipitation during the growing period ($<200\text{mm}$) and duration of sunshine ($>2500\text{h}$). Comparing with the original regions of cultivated almond, inadequate for accumulated temperature and discordant climate conditions between aridity and heat is the common problem for China to introduce almond. According to the climate conditions of temperature and aridity/humidity, the studied 46 sample plots can be divided into 6 climate types. There are two climate types suitable for growing almond, namely, Mediterranean type of climate and central-western Asia warm temperature arid climate. Kashi district, Xingjiang, is the only region in China, which is in part of this climate type. Other sample plots in China belong to the other two climate types which somewhat unsuitable for introducing almond. The first group is characterized by inadequate for accumulated temperature, which includes Tianshui, Dalian, Qingyang, Pingliang, Taiyuan (moderate temperature semi-humid climate); Lanzhou, Yinchuan, Wulumuqi, Wuwei,

基金项目: 国家自然科学基金项目(39770447)和国家重点基础研究专项经费(G1999011705)资助。

陈士宾教授帮助编写计算机程序并给予数学指导, 谨此致谢。

收稿日期: 1999-02-02; 修订日期: 1999-11-21

* 通讯联系人 万方数据

作者简介: 潘晓云(1969~), 女, 甘肃兰州市人, 博士。主要从事植物生理生态研究。

Baiyin, Zhangye (moderate temperature arid or semi-arid climate); Yuzhong, Huhehaote and Xining (cold temperature semi-humid climate). The second group has adequate accumulated temperature but its growing period is too humid. These areas includes Beijing, Tianjin, Shijiazhuang, Qingdao, Ji'nan, Zhengzhou, Xi'an, Xuzhou (Warm temperature semi-humid climate).

Key words: almond (*Amygdalus communis* L.); climatic suitable ecotypes; introduction; cluster analysis PCA

文章编号:1000-0933(2000)06-1069-07 中图分类号:S601.9;S602.2 文献标识码:A

扁桃(*Amygdalus communis* L.)又名巴旦杏、巴旦姆(新疆)、大杏仁(美国 almond),属蔷薇科扁桃属植物。全世界有近 40 个种,分布于我国的有 6 个种,分别为普通扁桃(*A. commuinis* L.)、蒙古扁桃(*A. mongolica*(Maxim)Yu.),西康扁桃(*A. tangutica* Korsh.),矮扁桃(*A. ledenhouriana* Schlecht)、榆叶梅(*A. triloba*(Lindl) Ricker)和长柄扁桃(*A. pedunculata* Pall)。栽培扁桃由起源于中亚~西亚一带荒漠或山地的野生扁桃进化而来,约在 4000 年前就已在约旦等地栽培,以后逐渐扩展到地中海沿岸一带^[1]。扁桃在 18 世纪引入美洲大陆,直到 1836 年引入具地中海气候的加利福尼亚后才获成功,20 世纪起该地成为扁桃的主要产地^[2]。扁桃传入东方很早,在阿拉伯、伊朗栽培已久。我国的扁桃是经“丝绸之路”由古波斯引入栽培的,最早记载见于 7 世纪的《酉阳杂俎》^[3,4]。

目前扁桃主要分布在北纬 30~45°范围内,以地中海气候地区分布最多^[5]。我国的扁桃主要产于新疆的喀什地区,陕西、甘肃等地仅有少量栽培。

扁桃是一种有广阔市场前景的经济树种^[1,6],在我国许多地区也曾引种试栽但始终未形成连片种植、商品化规模化生产的格局。其主要原因在于对扁桃的引种栽培缺乏系统性研究。为了使扁桃引种栽培卓有成效地开展起来,应当充分了解扁桃在系统发育中形成的独特的生物学特征及生理特点,充分了解扁桃对生态环境的要求,并且对原产地与引种地的各个环境因素进行详细的分析比较,从而判断引种成功可能性的大小,并提出相适宜的栽培推广措施。本文应用主成分分析和模糊聚类方法,划分了扁桃在我国的适宜生态引种区,分析了限制我国引种扁桃的主要气候因素,并结合田间观察及有关研究资料讨论了这些限制因素对扁桃生长的影响。

1 材料与方法

1.1 样点的选择

包括我国西北和华北的 26 个样点及 20 个国外扁桃产地,其具体情况见表 1。

1.2 气候因素指标的确定

根据影响扁桃生长和分布的水、热、光三大气候因子选取气候指标。热量指标为年平均气温、温暖指数、寒冷指数、≥10℃积温、无霜期。水分指标为生长期降水量、生长期干燥度指数、年平均降水量及年干燥度指数。光照因子为日照时数。

温暖指数(Warmth index)的计算公式为^[7]:

$$WI = \sum_{i=1}^n (ti - 5)$$

其中 ti 为平均温度为 5℃以上的第 i 个月的平均温度, n 为月平均气温>5℃的月数, WI 的单位是℃月。

寒冷指数(Coldness index)为:

$$CI = - \sum_{i=1}^n (5 - ti)$$

即月平均气温低于 5℃的总和。

干燥度指数(Humidity/aridity index)为^[8]:

万方数据

$$K = P/(WI + 20), WI \leq 100$$
$$K = 2P/(WI + 140), WI > 100$$

其中 P 为年平均降水量,单位为 mm。

原始气候资料均来自各地气象站的统计资料,其中大部分为 1961~1990 年间的多年平均值。国外扁桃生产区的气象资料来自文献^[9,10]。

表 1 各样点的地理位置

Table 1 Geographical positions of the sample plots					
序号	地名	国名	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Altitude
Ordinal numbers	Sample plots	Country	(°)	(°)	(m)
1	Davis	USA	38 32N	121 46W	18
2	Sacramento	USA	38 31N	121 30W	13
3	Alicante	Spain	38 22N	00 30W	92
4	Murcia	Spain	38 07N	01 09W	87
5	Cartagena	Spain	37 41N	01 00W	25
6	Avignon	France	43 45N	04 50E	69
7	Marseille	France	43 27N	05 13E	8
8	Bari	Italy	41 08N	16 47E	49
9	Cagliari	Italy	39 48N	17 39E	9
10	Agrigento	Italy	37 20N	13 17E	2
11	Thessalonilki	Greece	40 33N	23 01E	31
12	Athens	Greece	37 58N	23 43E	107
13	Adana	Turkey	36 59N	35 18E	20
14	Antalya	Turkey	36 53N	30 42E	42
15	Tehran	Iran	35 26N	51 38E	985
16	Kabul	Afghanistan	35 33N	69 12E	1803
17	Ashkhabad	Turkmenistan	38 07N	57 00E	770
18	Tashkent	Uzbekistan	41 20N	69 21E	479
19	Dusbak	Tadzhikistan	37 49N	65 13E	850
20	Osh	Kirghizia	40 27N	73 40E	680
21	喀什 Kashi	China	39 28N	76 05E	1100
22	莎车 Shache	China	38 26N	77 16E	1231
23	和田 Hetian	China	37 08N	79 56E	1375
24	英吉莎 Yingjisha	China	39 05N	76 32E	1200
25	乌鲁木齐 Wulumuqi	China	43 54N	87 28E	654
26	西宁 Xining	China	36 35N	101 55E	2261
27	银川 Yinchuan	China	38 29N	106 13E	1112
28	张掖 Zhangye	China	38 56N	100 26E	1483
29	武威 Wuwei	China	37 55N	102 40E	1531
30	白银 Baiyin	China	36 33N	104 11E	1707
31	兰州 Lanzhou	China	36 03N	103 53E	1512
32	榆中 Yuzhong	China	35 52N	104 09E	1874
33	庆阳 Qingyang	China	35 59N	106 54E	1094
34	平凉 Pingliang	China	35 33N	106 40E	1347
35	天水 Tianshui	China	34 35N	105 45E	1132
36	呼和浩特 Huhehaote	China	41 27N	11143E	1062
37	太原 Taiyuan	China	37 47N	112 33E	778
38	大连 Dalian	China	38 54N	121 38E	94
39	西安 Xi'an	China	34 18N	108 56E	397
40	北京 Beijing	China	39 48N	116 28E	31
41	天津 Tianjing	China	39 06N	117 10E	3
42	石家庄 Shijiazhuang	China	38 13N	114 39E	87
43	郑州 Zhengzhou	China	36 43N	113 39E	110
44	济南 Ji'nan	China	36 41N	116 59E	63
45	青岛 Qingdao	China	36 09N	120 25E	17
46	徐州 Xuzhou	China	34 17N	117 18E	43

1.3 分析方法

首先采用主成分分析,将错综复杂的多个气候因子简化为少数几个有代表性的指标,通过排序确定大致趋势。然后用聚类分析将样点依据距离远近进行分类,从而使气候区划建立在客观、合理的基础上^[11~13]。

万方数据

2 结果与分析

2.1 影响扁桃引种的主要气候因素

从 10 个气候因素对前 3 个主分量的负荷量(表 2)可以看出,对第 1 主分量影响最大的依次是无霜期、温暖指数、年均温、 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温及寒冷指数,即温度因子。另外,生长期干燥度指数和生长期降水量这 2 个水分因子也对第 1 主分量有较大影响。对第 2 主分量影响较大的仍然是年降水量、年干燥度指数等水分因子。第 3 主分量是对第 1、2 主分量的补充,主要反映了光照条件。

温度条件作为影响扁桃引种的主导因素与气温决定植物分布这一结论相吻合^[14]。从扁桃的生物学特性来看,扁桃的起源与温暖的气候条件有关,后来随着气候大陆性的显著增长,促进了这个种旱生特征方面的变异,生存于旱生植物^[15,16]的分布带上,形成了今天的栽培扁桃。但它并没有失掉温暖亚热带气候的影响,仍保持祖先的某些生物学特征,比如它的芽冬季发育的时间较短,萌芽、开花较早(需冷量为 $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的温度 $300\sim 500\text{h}$),开花和果实成熟过程比其他果树长(约 $180\sim 240\text{d}$,而桃、杏约为 $120\sim 180\text{d}$)^[14],并且这个过程在很大程度上同干旱时期(地中海气候的干季)相吻合。所以扁桃的商业性生产多限定在这样的地区,即早春温暖无霜,生长季节长且炎热干燥^[17]。因此,温度与热量、降水及其季节性分配(雨型)是决定扁桃引种栽培的主要气候因素。

图 1 是对 46 个地区 10 个气候要素的 PCA 二维排序(含信息量为 84.8%)的结果,横轴(第 1 主分量)主要代表温度因子,纵轴(第 2 主分量)主要代表水分因子。因此,依据不同的水热条件可将 46 个样点划分为 6 个气候类型,各类地区的特征可归纳为表 3。

表 3 46 个样点的气候类型分类

扁桃生长季节的气候特征 Climate conditions during the growing period of almond									
类别	年均温	温暖指数	寒冷指数	无霜期	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温	生长期降水量	生长期干燥度指数	年均降水量	日照时数
Type	Annual mean temp.	Warmth index	Coldness index	Frost-free period	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ accumulated temp.	Precipitation during growing period	Humidity/aridity index for growing period	Annual mean precipitation	Duration of sunshine
I *	16.9 **	143.1	0	298	5000	128	1.14	515	2725
II	13.9	120.0	-15	257	4371	46	0.38	176	2720
III	13.1	112.9	-17	206	4450	487	4.45	628	2619
IV	9.7	84.7	-26	180	3291	414	4.43	528	2500
V	7.7	78.2	-46	163	3068	164	1.82	217	2783
VI	6.0	61.4	-49	145	2403	330	4.32	397	2767

* 气候类型 I ~ VI 同图 1. Climate types I ~ VI see Fig. 1, ** 表中数字为各样点的平均值. The data is the average of the sample plots

2.2 各样点间的相似性状况

不同样点间依据气候要素的聚类分析结果可用树状图表示(图 2),可以看出结合线 L_1 可以作为区分不同气候类型的分类线,由该结合线处,可依据热量与干湿度把不同的气候类型相互区分开来。结合线 L_2 可作为各地区是否适宜于扁桃栽培的分类线,由此可将所选 46 个样点分为 4 类,其中适于扁桃生长的有 2 类地区,即第 I 类:地中海式气候区(包括样点 1~14);第 II 类:中亚-西亚暖温带干燥气候区(包括样点 15~24,我国仅有新疆的喀什、莎车、和田、英吉莎属此类气候类型)。这与目前栽培扁桃分布区的实际情况相

表 2 10 个气候因素对前三个主分量的负荷量表

Table 2 The loads of ten climatic factors on the first three principle components

气候因素 Climatic factors	F_1	F_2	F_3
平均气温($^{\circ}\text{C}$) ^①	0.41	0.16	-0.02
温暖指数 ^②	0.41	0.13	0.04
寒冷指数 ^③	0.37	0.22	-0.09
$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$) ^④	0.40	0.17	0.07
无霜期 ^⑤ (d)	0.42	0.05	0.04
生长期降水量 ^⑥ (mm)	-0.26	0.40	0.06
生长期干燥度 ^⑦ (k)	-0.32	0.35	0.06
年平均降水量 ^⑧ (mm)	0.01	0.53	0.20
年干燥度指数 ^⑨ (k)	-0.13	0.51	0.15
日照时数 ^⑩ (h)	0.03	-0.24	0.96
特征根 ^⑪	5.36	3.12	0.89
方差贡献率 ^⑫ (%)	53.6	31.2	8.9
累积方差贡献率 ^⑬ (%)	53.6	84.8	93.7

① Annual mean temperature; ② Warmth index; ③ Coldness index; ④ $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature; ⑤ Frost-free period; ⑥ Precipitation during growing period; ⑦ Humidity/aridity index for growing period; ⑧ Annual mean precipitation; ⑨ Annual humidity/aridity index; ⑩ Duration of sunshine; ⑪ Eigenvalue; ⑫ Contribution of variance; ⑬ Accumulated

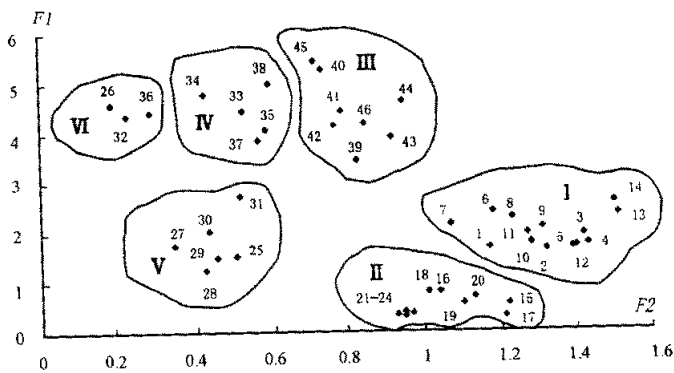


图 1 46 个样点的 PCA 排序

Fig. 1 Result of PCA ordination of the sample plots(No. 1~46 see table 1)

I 地中海式气候 Mediterranean type of climate; II 中亚-西亚暖温带干燥气候 Central-western Asia warm temperature arid climate; III 暖温带半湿润气候 Warm temperature semi-humid climate; IV 温带半湿润气候 Moderate temperature semi-humid climate; V 温带干旱半干旱气候 Moderate temperature arid or semi-arid climate; VI 寒温带半湿润气候 Cold temperature semi-humid climate

吻合。同时,不适于扁桃生长的地区也有 2 类:即热量适宜但生长季节湿度过大的暖温带半湿润气候(III)(包括北京、天津、石家庄、青岛、济南、郑州、西安、徐州)和热量不足的温带半湿润气候区(IV)(包括大连、天水、庆阳、平凉、太原);温带干旱半干旱气候区(V)(包括兰州、银川、乌鲁木齐、武威、白银、张掖)及寒温带半湿润气候区(VI)(包括榆中、呼和浩特、西宁)。虽然本文所选样点均位于北半球中纬度地带,但是由于地形、海拔、海洋等因素对水热条件的影响,使这一地带形成了多样化的气候类型^[18,19]。而栽培扁桃多分布于该地带暖温、干燥的地区。

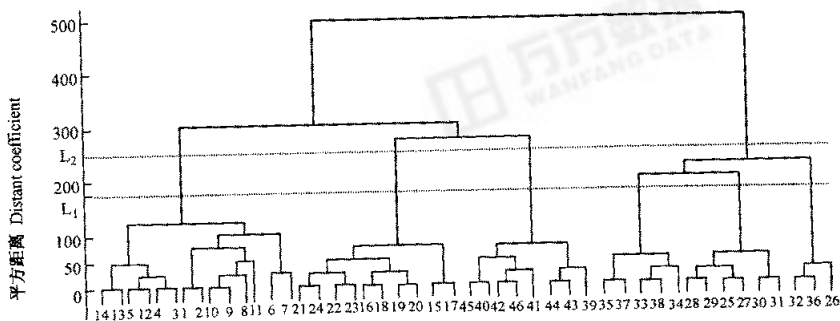


图 2 46 个样点的聚类分析图(UPGMA 法)

Fig. 2 Dendrogram of the 46 sample plots based on climate conditions(UPGMA Method)

3 结论与讨论

3.1 栽培扁桃生长的生态环境要求

根据扁桃起源与分布的实际情况及本文的分析,可归纳适于扁桃生长的主要气候生态因子指标如表 4。

与扁桃的中心产区相比,生长季节热量不足、干热条件不匹配是我国北方各省引种扁桃所面临的共同问题,具体说来包括:(1)无霜期短。在世界范围内,扁桃栽培育种的重要问题之一便是对花期的选择和改良。据报道,加利福尼亚这样冬季温暖的地区(1 月平均气温约为 7.4℃,无霜期<300d)防止晚霜危害的支出也依然是生产成本的一个固定部分,约为 1.8%^[1]。而我国中纬度热量最好的 III 类地区与中心产

区相比,1 月平均气温低 7~9℃,无霜期短 60~90d,因此,花期防止霜害是我国北方引种扁桃所面临的重要问题。(2)光照、热量不足、有效积温过低。扁桃为喜温喜光植物,其光合作用的最适温度为 18~32℃,具有较高的光饱和点^[20](约为全日照的 50%,高于苹果、桃、梨、杏等),生长季节温度过低、日照不足,将严重影响扁桃光合产物的积累^[21]。另外,花期温度过低(<13℃),导致畸形花,并且影响花粉萌发、花粉管的生长以及蜜蜂的活动能力,从而影响传粉授精而导致低产^[1]。(3)生长季节湿度过大。由于扁桃原产于干燥地区或夏季干燥的地中海气候地区,因此它在整个生长季节要求较低的空气。花期降水过多影响授粉;生长季节降雨过多或灌水过频将导致扁桃光合速率和蒸腾速率的降低^[22,23];成熟期高湿影响果皮的正常开裂。另外降雨和高湿容易发生各种真菌和细菌病害,从而造成减产。北京植物园在引种扁桃时就存在这一问题^[24]。在兰州地区发现的主要病虫害有缩叶病、桃蚜、桃浮尘子等。(4)由于我国北方春季气温偏低、多风,扁桃幼树易发生“抽干”现象。据两年的田间观察,发生“抽干”现象的树木约占总数的 70%。

表 4 适于扁桃生长的主要生态因子指标

Table 4 Some critical climatic indices for almond growing							
温度与热量					降水与干燥度		日照时数
Temperature and heat					Precipitation and aridity index		
年均温	寒冷指数	无霜期	温暖指数	≥10℃积温	生长期降水量	生长期干燥度指数	Duration of
Annual	Coldness	Frost-free	Warmth	≥10℃ accumu-	Precipitation during	Humidity/aridity index	sunshine
mean temp.	index	period	index	lated temp.	growing period	for growing period	
>12℃	>-25	>200d	113~167	4000~6000℃	<200mm	<2.0	>2500h

3.2 对我国引种扁桃发展扁桃产业的几点建议

(1)我国喀什地区是世界扁桃的中心栽培区之一,必须充分利用这一优势,借鉴学习国外发展扁桃产业的先进经验,高水平建立与发展我国的扁桃生产基地。

(2)结合适宜品种的选择,将第Ⅲ类气候区的湿度较小的地区及第Ⅳ类气候区热量较好的地点,作为重点引种驯化区,作进一步的生长观察和引种驯化。

(3)加强适于我国气候条件的新扁桃品种的选育工作。作为自然界的一个物种,扁桃有其特定的生态位,要保证生态效能的充分发挥扁桃与环境必须统一。一般来说,有 3 种可能的方式:①改变环境来满足扁桃对生境的要求;②在生态条件基本相似的区域内引种;③通过新品种选育,使其适应新环境。我国北方各省与扁桃的中心栽培区,在生态条件下有一定差距,单纯引种其效果并不令人满意。而改变环境来满足扁桃的需要几乎是不可能的。只有加强适于我国气候条件的新扁桃品种(晚花、抗寒、耐湿、生育期短)的选育工作才是可行的。而拥有较丰富的野生扁桃资源正是我国开展这一工作的有利条件^[25,26]。

参考文献

[1] University of California Division of Agriculture and Natural Resources. *Almond Production Manual*. Davis: University of California, 1996.

[2] Ghandelian P A, Barseghian M A. The history and use of wild almonds in American. In: *Proceedings of the second international symposium on pistachios and almonds*. Acta Horticulturae, 1998. 24~27.

[3] 孙云蔚主编. 中国果树史和果树资源. 上海:上海科学技术出版社, 1983.

[4] 张宇和编著. 果树引种驯化. 上海:上海科学技术出版社, 1982.

[5] 西安植物园. 扁桃. 西安:陕西科学技术出版社, 1983.

[6] 吴燕民, 等. 扁桃研究新进展. 甘肃农业大学学报, 1996, 3(1): 86~92.

[7] Yim Y, Kira T. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula (I. Distribution of some indices of Thermal climate), *Japanese Journal of Ecology*, 1975, 25(2): 77~88.

[8] Yim Y, 万方数据 Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula (1. Distribution of climatic humidity/aridity), *Japanese Journal of Ecology*, 1976, 25(3): 157~164.

[9] Charles B H, *Physiography of United States*, San Francisco and London; W. H. Freeman and Company, 1967

[10] U. S. Department of Commerce, *World Weather Records*(1961~1970). U. S. Government Printing Office, 1979.

[11] 袁嘉熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981.

[12] Sneath P, Sokal R. 赵铁桥译. 数值分析学. 北京: 科学出版社, 1984.

[13] Gower J C. Multivariate analysis and multidimensional geometry. *Statistician*, 1967, **17**(1): 13~28.

[14] Westwood M N. *Temperate Zone Pomology*. W. H. Freeman and Company, 1978. 161~163.

[15] Sanchez-Blanco M J, Alarcon J J *et al.* Differential flood stress resistance of two almond cultivars based on survival, growth and water relations as stress indicators. *J. Hort. Sci.*, 1994, **69**(5): 947~953

[16] Marsal J, Girona J and Mata M. Leaf water relation parameters in almond compared to hazelnut trees during a deficit irrigation period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1997, **122**(4): 582~587

[17] [美] L H 麦克丹尼尔斯. 坚果栽培. 北京: 中国林业出版社, 1990. 182~183.

[18] 胡焕庸, 康淞弓, 蔡 志编著. 世界气候的地带性和非地带性. 北京: 科学出版社, 1981.

[19] 盛承禹. 世界气候. 北京: 气象出版社, 1988.

[20] DeJon J M. CO₂ assimilation characteristics of five Prunus tree fruit species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1983, **108**(2): 303~307.

[21] Conell M G R and Jackson J E. Dry matter partitioning in tree crops. In: *Trees as crop plants*. Great Britain; Institute of Terrestrial Ecology NERC. 1985, 160~193.

[22] Jones H G, Akso A N and Syverten J P. Physiological Control of Water Status in Temperate and Subtropical Fruit Trees. *Hort. Rev.*, 1985, **7**(2): 301~344.

[23] Kramer P J. *Water Relations of Plant*. New York: Academic Press, 1983.

[24] 俞德浚编著. 中国果树分类学. 北京: 农业出版社, 1979. 68~77.

[25] 姬仲亮, 等. 长柄扁桃和蒙古扁桃在我国自然分布区的调查. 中国果树, (2): 38~39.

[26] 尚宗燕, 苏贵兴. 我国扁桃属植物的染色体数. 武汉植物学报, 1985, (4): 363~366.