

朱海军,生静雅,杨 新.薄壳山核桃 Western 品种特性及适应性研究[J].江苏农业科学,2020,48(21):187-192.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.034

# 薄壳山核桃 Western 品种特性及适应性研究

朱海军,生静雅,杨 新

(江苏省农业科学院果树研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**薄壳山核桃品种多达 1 000 多个,其中 Western 是美国 5 个主栽品种之一,在墨西哥、南非也被大面积种植。国内引种的薄壳山核桃品种混杂,“一种多名”和“一名多种”现象严重,不利于产业的良种化发展。本研究系统综述 Western 品种的来源、主要性状以及研究进展,特别对比了主要分布区与我国栽培地的物候、土壤等条件,指出了江淮、黄淮地区栽培需重点关注的病害问题,可为种植者进行品种合理选择和栽培管理提供参考。

**关键词:**薄壳山核桃;Western;品种性状;适应性;疮痂病

**中图分类号:**S664.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)21-0187-06

薄壳山核桃[*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]为胡桃科落叶乔木植物,原产美国密西西比河流域和墨西哥北部,是世界著名的干果树种。早在 1900 年,薄壳山核桃由外国传教士带入我国,早期以种植种子和实生树为主,直至 1965 年 Mahan 和 Elliot 这 2 个品种被作为礼物赠予我国。从 20 世纪 70 年代开始,中国林业科学研究院等单位从美国大量引进薄壳山核桃品种,并建园将其作为经济作物

开展研究。1957 年,我国最早的 2 个薄壳山核桃品种鼓楼、莫愁由浙江农林大学实生选育而成<sup>[1]</sup>。近年来特别是 2010 年以后,随着对薄壳山核桃价值认知的逐渐增多,部分科研单位开展了系统而有针对性的品种选育工作。截至 2015 年年底,我国各地审(认)定的薄壳核桃品种共 37 个,主要集中在江苏、浙江、安徽、云南、河南、江西等省份,并呈逐年增加的趋势<sup>[2]</sup>。虽然我国已经引进了 100 多个薄壳山核桃品种,但由于缺乏系统的记录和观察以及部分资料的丢失或混淆,目前名称准确的品种少,品种混乱的现象严重,不利于种苗规范和产业发展。Western 于 2012 年由江苏省林木品种审定委员会认定,在部分地区栽培表现良好,但存在“一名多种”

收稿日期:2020-02-02

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目(编号:LYKJ[2018]05-2);江苏省科技计划(编号:XZ-SZ201902)。

作者简介:朱海军(1981—),男,山东临朐人,博士,副研究员,主要从事薄壳山核桃栽培育种研究。E-mail:zhuhj81\_@126.com。

有一定的面积。浙江省平均气温高于江苏省,一般浙江省设施大豆种植时间在 2 月中旬左右,5 月中旬采摘<sup>[1-2]</sup>。而江苏地区如在 2 月中旬播种,则一般在 5 月下旬才进入采收期,因此影响了一定的经济效益<sup>[3]</sup>。因此,提前播种,简化栽培管理技术对江苏省早春设施大棚鲜食大豆种植极为重要。提前播种必须保证种植环境温度,本试验中采取的 2 种覆膜栽培方法也有明显的差异,三层膜覆盖能很好地提高植株的环境温度,对前期出苗和幼苗生长有很大的好处,但小拱棚搭建、管理和拆卸也加大了生产成本,对大规模的推广应用有一定的影响。双层膜(大棚加地膜)的栽培方式减少了大棚内小拱棚搭建、日常通风和拆除等步骤,减少了一定的人工劳动力成本,但本试验发现,在江苏地区 1 月 15—20 日左右,由于受气温变化影响,3 个品种应用双层膜

的栽培方式不适合种子的萌发和生长。

生产中,建议早春设施大棚栽培鲜食大豆,如在 1 月中下旬进行播种,可以使用 3 层膜栽培方式,也可以采用育苗后期移栽的方式,可以将采收期提早到 5 月上中旬左右;如在 1 月底 2 月初后进行种植,小拱棚作用就相对减小,可以考虑直接使用双层膜,将采收期控制在 5 月中下旬左右,该方式在经济效益影响不大的情况下,能有效降低劳动力的投入。

## 参考文献:

- [1] 吴美娟,黄洪明.覆盖方式对鲜食春大豆主要性状及效益的影响[J].大豆科技,2016(4):12-14.
- [2] 徐淑萍.连都区鲜食春大豆双棚促早栽培技术[J].上海农业科技,2016,355(1):86-87.
- [3] 吴春芳,卞晓春,尹淑瑜,等.不同鲜食春大豆品种设施栽培熟期及产量变化特点[J].江苏农业科学,2014,42(4):130-132.

的现象。为规范良种名称、充分发挥优良品种的种植潜力,笔者搜集了国内外有关 Western 品种性状的道路以及研究进展,以期为研究者和种植户提供参考。

1 品种来源

Western 也称 Western Schley,国内称威斯顿。初期资料表明,该品种于 1895 年在德克萨斯州由 Risien 从 San Saba 实生后代中选育而成,1924 年(或之前)由 Risien 命名发布。但后来基于苹果酸脱氢酶和亮氨酸氨基肽酶的同工酶研究表明,Western 并不是 San Saba 的实生后代<sup>[3]</sup>。我国未对 Western 进行分子鉴定,目前尚不明确其来源。

2 主要性状

2.1 植物学特征

Western 萌芽相对较迟,在美国新墨西哥地区通

常在 4 月初萌芽;叶片呈黑绿色,有光泽,光照强的条件下会褪色,小叶波浪形卷曲,叶轴先端常向上卷曲,造成整个叶片向后卷;枝条细弱,与其他品种相比,单位长度枝条上有更多的叶片;早春新梢皮色为有光泽的亮绿色,之后逐渐变为红褐色,有时老枝树皮有铁红色斑块,新枝和老枝皮色是该品种的显著特征<sup>[4]</sup>。

开花为雄先型,雌雄花期重叠时间长,自花授粉机率高<sup>[4]</sup>,容易造成果仁发育不良,质量下降<sup>[5]</sup>;杂交授粉可提高 Western 果仁质量<sup>[6]</sup>。由于种子小而且质量不高,所以不适宜作砧木<sup>[7]</sup>。通常与 Wichita 和 Ideal 互为授粉品种,例如新墨西哥州主栽品种为 Western,而 Wichita 为其授粉品种;亚利桑那州和加利福尼亚州 Wichita 为主栽品种,Western 为其授粉品种;在新墨西哥州和亚利桑那州一些老的果园与 Ideal 互为授粉品种<sup>[8]</sup>。新墨西哥州东南部主要栽培品种的花期如表 1 所示。

表 1 新墨西哥州东南部主要栽培品种花期

品种	花期																	
	5月1日	5月2日	5月3日	5月4日	5月5日	5月6日	5月7日	5月8日	5月9日	5月10日	5月11日	5月12日	5月13日	5月14日	5月15日	5月16日	5月17日	5月18日
Western																		
Wichita																		
Ideal																		

注:-----雄花散粉期;—雌花可授期。

Western 雌雄异熟的开花特性在不同地区并非完全一致,在佛罗里达州 Monticello 地区 Simpson 苗圃(30°32'N,83°52'W)为雄先型,但在阿拉巴马州地区 Shorter 的 Smith 研究中心(32°26'N,85°54'W)和佐治亚州 Tifton 地区佐治亚大学西南部研究教育中心(31°45'N,83°50'W)为雌先型<sup>[9]</sup>,在我国江苏省南京地区(30°40'N,118°30'E)也为雌先型<sup>[10]</sup>。这种不同与树体年龄、外部环境变化有关,因此根据花期进行品种搭配时,应参考当地或周边 Western 开花时间。

2.2 果实性状

Western 果实呈长椭圆形至长圆形,基部尖,顶部锐尖,不对称,横断面呈圆形,壳表面粗糙;果仁呈金黄色至亮棕色,脊沟深而紧实,填充组织难以取出,取仁时容易破碎,机械取仁的难度增加;126 粒/kg 的 Western,出仁率为 58%<sup>[4]</sup>。

2.3 物候及适应性

Western 是美国东南部以外种植最广泛的薄壳山核桃品种,主要分布在南非、墨西哥以及美国的德克萨斯州西部、新墨西哥州,其中以新墨西哥州最具代表性。因此本研究着重比较新墨西哥州主产区与我国江淮、黄淮流域代表地区的气候、土壤特征,以期为这些地区的品种选择和栽培管理提供参考。

新墨西哥州薄壳山核桃种植主要分布在东南部平原及南部奇瓦瓦沙漠(Chihuahuan)地带(图 1),其中 Doña Ana 县种植面积占全州种植面积的 70%,2016 年产量为 23 310 t<sup>[11]</sup>,县府所在地拉斯克鲁塞斯(Las Cruces)是主产区。Las Cruces 地区属干旱沙漠气候,海拔 1 166 m(表 2),昼夜温差大,平均昼夜温差高达 18 ℃;年均温度变化不大,1959—2005 年年均最高和最低温度分别为 25 ℃ 和 -3.3 ℃;6、7 月最热,月均最高温度可达 35 ℃,12、1

月最冷,月均最低温度达  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[12]</sup>;降水量小,相对湿度低,年降水量仅有 248 mm(表 2),且主要集中在 7—9 月(图 2);80% 以上的晴天保证了充足的光照,

年日照时数高达 3 630 h;无霜期在 180 d 以上,最后一次春季霜冻一般出现在 4 月 20 日前<sup>[13]</sup>。Western 在 Las Cruces 地区从开花到收获需 189 d<sup>[8]</sup>。

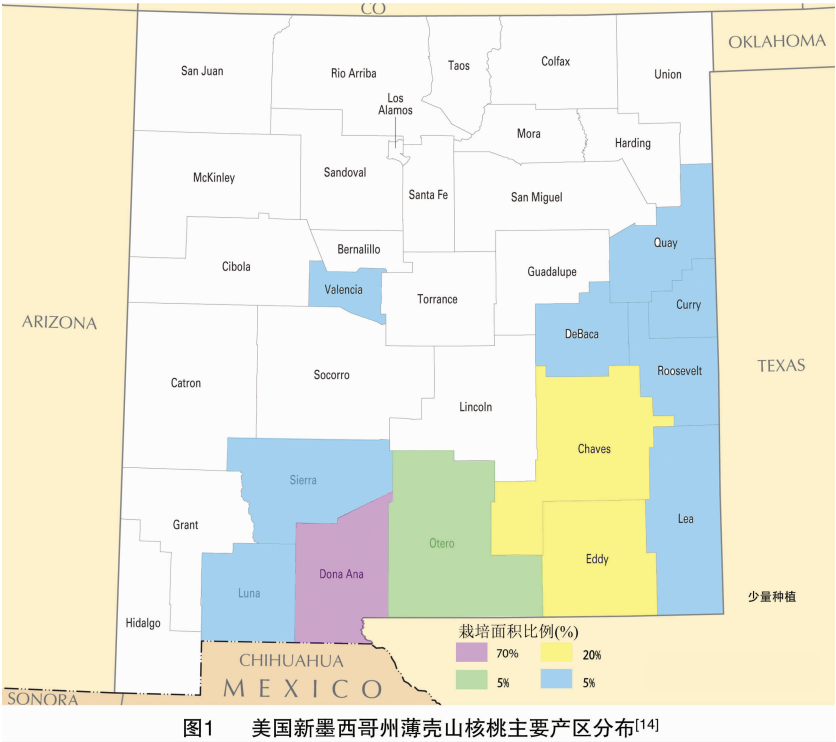
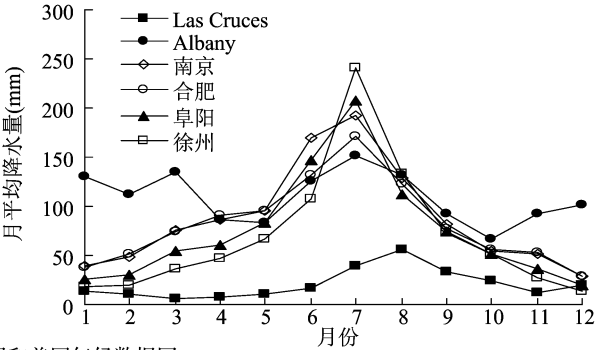
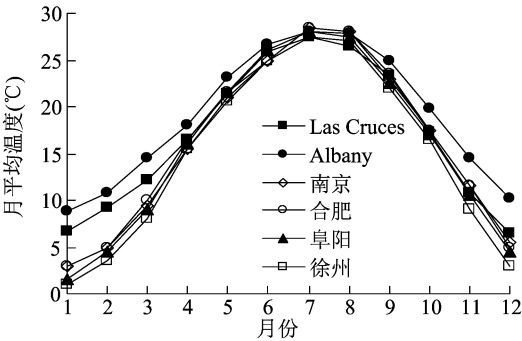


图1 美国新墨西哥州薄壳山核桃主要产区分布<sup>[14]</sup>

表 2 不同地区气候及土壤因子比较<sup>[15-18]</sup>

地区	经纬度	海拔 (m)	无霜期 (d)	年降水量 (mm)	年日照时数 (h)	土壤类型	气候类型
Las Cruces	32°28'N, 106°76'W	1 166	≥180	248	3 630	沙土、壤质沙土	大陆性气候
南京	30°40'N, 118°30'E	10 ~ 20	230	1 053	1 401 ~ 1 403	黄棕壤	亚热带季风气候
合肥	31°86'N, 117°27'E	20 ~ 30	220 ~ 240	992	1 288 ~ 1 335	黄棕壤、水稻土	亚热带季风气候
阜阳	32°89'N, 115°81'E	28 ~ 31	220	907	1 375 ~ 1 397	姜砂黑土、淤土	暖温带湿润、半湿润季风气候
徐州	34°26'N, 117°18'E	30 ~ 40	200 ~ 220	833	1 481 ~ 1 496	砂质褐土	暖温带半湿润气候



图中数据来自天气网和美国气候数据网

图2 不同地区月平均温度和月平均降水量

从温度来看,我国南京等地与 Las Cruces 差别不大,仅在 1—4 月气温更低,对于需冷量的积累更

加有利。奥尔巴尼(Albany)位于美国佐治亚州西南部,种植有 60 万株薄壳山核桃,被称为美国薄壳山

核桃之都,年降水量 1 307 mm,各月降水均匀,薄壳山核桃病害严重,因此该地区只能种植一些抗病性特别是抗疮痂病强的品种,Western 并不适合在该地区种植。从降水量来看,虽然我国几个地区 1—4 月的降水量总体少于 Albany,但 6—8 月总体高于 Albany,此时正值高温天气,增加了疮痂病等病害高发的风险,因此我国几个地区应该重点关注薄壳山核桃发病情况并提前采取预防措施。

从生长期来看,我国南京等地无霜期远高于 Las Cruces,生长期较长,但同时也伴随着休眠期短这一潜在问题,或许 1—4 月相对更低的温度可以降低休眠期短、需冷量积累不足的风险;而 Las Cruces 处于海拔较高的地区,昼夜温差大,光合色素积累较多,有利于光合作用效率的提高,在一定程度上弥补了生长期相对较短的缺陷。从土壤类型看,Las Cruces 土壤以沙土为主,通气性好,透水能力强,根系生长条件好;而我国南京、合肥等地土壤偏黏重,

透气性差,不利于根系生长,因此应特别注意通过起垄、排水、增施有机肥等措施改善土壤结构和透气性,为根系生长创造良好的环境。

2.4 生长特性

2.4.1 水分 水分对薄壳山核桃正常生长和果实发育具有重要作用,德克萨斯州 El Paso 和新墨西哥州 Las Cruces 地区成年 Western 每年需水约 100 ~ 130 cm<sup>[19]</sup>。2003 年新墨西哥州 Las Cruces 南部开展的一项试验表明,21 年树龄 Western 最大蒸散量为 10.6 mm/d,约 116 cm/年,因此该地区每年漫灌量应达到 2 m,以保证树体正常生长和结实<sup>[20]</sup>。

2.4.2 肥料 维持氮/钾平衡对 Western 生产至关重要,发育中的果实会消耗叶片中的钾,可能会造成氮/钾比例过高,导致新梢枯死甚至树体死亡<sup>[21]</sup>。

2.4.3 修剪 Western 树冠开张,顶端分枝能力强,分枝角度小但强壮<sup>[4]</sup>,适于机械修剪,其修剪反应见表 3。

表 3 Western 树体的修剪反应

树龄 (年)	密度 (m)	季节	方式	结果
3~4		休眠季	不分枝的旺枝回缩(剪去枝条上 1/3、1/2 芽)	第 2 年侧枝数量及总生长量减少 <sup>[22]</sup>
4		休眠季	去掉“乌鸦脚”状枝条	产量比对照(不修剪)提高 50% <sup>[22]</sup>
4		休眠季	不分枝的旺枝回缩(剪去枝条上 1/3 的芽)	第 2 年结果侧枝的数量增加 <sup>[22]</sup>
3		生长季	摘心、回缩保留 12 个芽	当年促发侧枝,新梢平均生长 25 cm;对照无侧枝发生 <sup>[22]</sup>
9	5.3×5.3		第 1 年机械修剪,宽度 1.8 m,第 2 年修剪,株高分别控制在 3.0、3.7、4.3、4.9、5.5、6.1 m	第 2~4、7 年均获得较好的产量,第 5、6 年出现明显的结果小年现象;树高 5.5 m 处理产量明显提高 <sup>[23]</sup>
17	9.8×9.8		连续 3 年机械修剪	提高了果园的透光率,对果实产量和质量影响不明显 <sup>[24]</sup>
	4.9×9.8		机械修剪、间伐	间伐比机械修剪更能提高单株产量,而机械修剪比间伐更能提高单位产量 <sup>[24]</sup>
5			机械修剪,高度和宽度均修剪掉 50%	不能促发侧枝 <sup>[25]</sup>

2.5 结果特性

栽培管理不当和异常气候是造成隔年结果(大小年结果)的主要原因,隔年结果也是品种特性之一,相对其他品种,Western 隔年结果现象更为明显。培育产量波动小的品种是薄壳山核桃品种选育的主要目标之一<sup>[26-27]</sup>。由于不同地区的气候条件和栽培管理存在差异,同一品种的隔年结果强度不一样,佐治亚地区 Western 隔年结果强度为 0.56 ~ 0.79<sup>[28]</sup>;亚利桑那州为 0.40<sup>[29]</sup>;增施氮肥可以降低薄壳山核桃隔年结果强度<sup>[30]</sup>,在 35 年树龄 Western

上连续 4 年分别施用 118、236、354 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥,隔年结果强度分别为 0.37、0.33、0.28,表明隔年结果强度与氮肥施用量呈明显的线性关系<sup>[31]</sup>。

Western 多在相对较短的枝条上挂果,结果多的年份 7—9 月枝条先端因果实重量而下垂,这种结果习性尤其适合修剪。Western 果实比 Stuart 提前 3 d 成熟,有时果实成熟开裂前缝合线会出现干枯现象,这也是 Western 区别于其他品种的显著特征之一。由于 Western 着生果实的枝条和果梗细长,收获时机械振动力分散到枝条上时果实不容易掉落。

果壳薄,成熟时特别容易遭受鸟类的偷食<sup>[4]</sup>。

## 2.6 抗逆性状

Western 另外一个很显著的特性是能较早落叶而进入休眠,从而避免霜冻的危害,在美国西南部种植边缘地区有很好的表现。有试验表明,在美国东南部地区 Western 幼树对秋季冻害有较强的抗性<sup>[32]</sup>。

Western 在低锌水平土壤条件下能正常生长,对锌不敏感<sup>[33]</sup>。Beverly 等对单株产量超过 58 kg 的

3 000 株 Western 叶片 Zn 含量进行统计,结果发现,叶片平均 Zn 含量为 126  $\mu\text{g/g}$ <sup>[34]</sup>;墨西哥 Western 叶片平均 Zn 含量为 65  $\mu\text{g/g}$ <sup>[35]</sup>;美国西南部 Western 高产树叶片 Zn 含量为 174  $\mu\text{g/g}$ <sup>[36]</sup>。

多数薄壳山核桃品种很耐水湿,Western 也能耐一定程度的水分胁迫<sup>[8]</sup>。

Western 对真菌性病害敏感,主要有疮痂病、叶脉斑点病、褐斑病、真菌性叶焦病(表 4),部分病害在我国已发现并报道<sup>[37]</sup>。

表 4 Western 主要病虫害

种类	病原	拉丁名	易感程度	症状	结果
病害	疮痂病	<i>Fusicladium effusum</i>	极易感	开始时在叶片、叶柄、青皮上形成小的圆形橄榄绿到黑色斑点,后逐渐扩大	新梢末端死亡、雄花序脱落、阻碍叶片发育、果实畸形、果实脱落等 <sup>[21,38]</sup>
	叶脉斑点病	<i>Gnomonia nerviseda</i>	易感	叶轴、叶片中脉有黑色斑点	叶片提早脱落,隔年结果强度增加 <sup>[36]</sup>
	褐斑病	<i>Gnomonia carvae</i>	易感	5—6 月叶片中脉出现圆形棕黑色斑点,夏末变成肉桂色或肝褐色	叶片提早脱离 <sup>[36]</sup>
	真菌性叶焦病	<i>Glomerella cingulata</i>	较易感	夏末叶缘开始向内逐渐焦枯,与绿色部分形成明显的黑色或棕褐色分界线	叶片提早脱离 <sup>[39]</sup>
虫害	胡桃小卷蛾	<i>Cydia caryana</i>	抗	7 月中旬到 8 月中旬出现第 2 代飞蛾,果实内取食;8 月初出现第 3 代,危害果仁	第 2 代飞蛾造成果实脱落;第 3 代延迟果实成熟,降低果仁质量 <sup>[40]</sup>

## 3 讨论与结论

总的来说,Western 具有果型中等、果实质量一般、具有隔年结果现象、易感疮痂病等缺点,但是由于其具有突出的早实性和丰产性,以及在气候边缘地区很强的适应性等优点,在生产中占据了主导地位。

Western 短枝结果、适于修剪的特性非常适合我国适度密植的栽培模式,在一些地区表现良好,但生产中也发现了果实不饱满、隔年结果、易感病害的问题,随着种植面积的不断扩大,以后应进一步加强以下研究:(1)适应性研究。研究观察 Western 在我国不同地区开花性状,合理搭配授粉品种;研究需冷量以及与气温之间的关系、光合效率与品种生长期之间的关系,以更好地确定品种的适应性,充分发挥品种优势。(2)丰产稳产性研究。研究适度密植的栽培模式,提高早期产量;研究密植树形结构和对应的整形修剪措施,培养丰产树形;研究通过平衡施肥、合理负载等措施减小隔年结果强度,形成连续稳定产量。(3)抗病性研究。重点关注疮痂病等真菌性病害,研究分离其致病菌及发生规律以及药物筛选和开发。

## 参考文献:

- [1] Zhang R, Peng F R, Li Y R. Pecan production in China[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 197: 719 – 727.
- [2] 张晋娟, 鲍 瑾, 刘 鹏, 等. 近年我国长山核桃审(认)定情况进展[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 216 – 219.
- [3] Grauke L J. Pecan cultivars Western [J/OL]. USDA Agriculture Research Service, 2018 [2019 – 12 – 20]. <https://cgru.usda.gov/CARYA/PECANS/western.htm>.
- [4] Sparks D. Western schley pecan[J]. Fruit Varieties Journal, 1995, 49(2): 70 – 74.
- [5] Smith C L, Romberg L D. Stigma receptivity and pollen shedding in some pecan varieties [J]. Journal of Agriocultural Research, 1940, 60: 551 – 564.
- [6] Marquard R D. Outcrossing rates in pecan and the potential for increased yields [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1988, 113: 84 – 88.
- [7] Grauke L J, Thompson T E. Variability in pecan flowering[J]. Fruit Varieties Journal, 1996, 50(3): 140 – 150.
- [8] Byford R. Pecan varieties for New Mexico [J/OL]. N. M. State Univ. Cooperative Extension Service, Guide H – 639. 2005 [2019 – 12 – 20]. [http://growingitlocal.com/files/6614/1740/0045/Pecan\\_Varieties\\_for\\_NM.pdf](http://growingitlocal.com/files/6614/1740/0045/Pecan_Varieties_for_NM.pdf).
- [9] Warren T J. Performance of pecan (*Carya illinoensis*) cultivars grown in Alabama [D]. Alabama: Auburn University, 2018.
- [10] 朱灿灿, 耿国民, 周久亚. 薄壳山核桃品种威斯顿的引种与栽培

- 技术[J]. 中国南方果树,2015,44(1):96-97.
- [11] Bustillos L, Hoel S. 2014 New Mexico agricultural statistics [J/OL]. USDA National Agricultural Statistics Service and Department of agriculture state of New Mexico. 2014 [2019-12-20]. [https://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_State/New\\_Mexico/Publications/Annual\\_Statistical\\_Bulletin/2014/2014\\_NM\\_Pub.pdf](https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/New_Mexico/Publications/Annual_Statistical_Bulletin/2014/2014_NM_Pub.pdf).
- [12] Leroy S, Garfin G. The Climate of Las Cruces, New Mexico [J/OL]. University of Arizona. 2017 [2019-12-20]. [https://www.environment.arizona.edu/sites/default/files/Climate\\_of\\_Las\\_Cruces\\_Final.pdf](https://www.environment.arizona.edu/sites/default/files/Climate_of_Las_Cruces_Final.pdf).
- [13] Walker S. Growing Zones, Recommended Crop Varieties, and Planting and Harvesting Information for Home Vegetable Gardens in New Mexico [J/OL]. N. M. State Univ. Cooperative Extension Service, Circular 457-B. 2014 [2019-12-20]. [https://aces.nmsu.edu/pubs/\\_circulars/CR457B.pdf](https://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR457B.pdf).
- [14] The New Mexico pecan industry today [J/OL]. N. M. State Univ. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. 2018 [2019-12-20]. <https://aces.nmsu.edu/ces/pecans/the-pecan-industry-today.html>.
- [15] 李朝晖, 华春, 虞蔚岩, 等. 南京方山生态公园不同人工植被土壤动物群落结构时空变化[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(5):722-728.
- [16] 宋兵. 合肥市耕地土壤养分状况分析及培肥建议[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(21):100-101.
- [17] 陈毛华. 安徽省阜阳市颍州区农业土壤养分调查[J]. 北方园艺, 2010(7):228-229.
- [18] 邱海伦. 徐州云龙山石灰岩山地土壤理化性质与植被状况分析研究[D]. 南京:南京林业大学, 2008.
- [19] Miyamoto S. Consumptive water use of irrigated pecans [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108:676-681.
- [20] Wang J M, Miller D R, Sammis T W, et al. Energy balance measurements and a simple model for estimating pecan water use efficiency[J]. Agricultural Water Management, 2007, 91(1/2/3):92-101.
- [21] Smith M W, Ager P L, Endicott D S W. Effect of nitrogen and potassium on yield, growth, and leaf elemental concentration of pecan [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1985, 110:446-450.
- [22] Wood B W, Stahmann D. Hedge pruning pecan [J]. Hort Technology, 2004, 14(1):63-72.
- [23] Smith M W, Hinrichs H A. High density pecan plantings in Oklahoma[J]. Pecan Quarterly, 1980, 14:44.
- [24] Worley R E. A view of pruning research for mature pecan trees, *Carya illinoensis* [J]. Pecan South, 1978, 5(1):32-33.
- [25] Malstrom H L, Mcmeans J L. A chemical method of pruning young pecan, *Carya illinoensis*, trees [J]. HortScience, 1977, 12(1):68-69.
- [26] Grauke L J, Thompson T E, Marquard R D. Evaluation of pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] germplasm collections and designation of a core subset [J]. HortScience, 1995, 30(5):950-954.
- [27] Wells L. Pecan planting trends in Georgia [J]. HortTechnology, 2014, 24(4):475-479.
- [28] Patrick J C, Worley R E. Alternate bearing intensity of pecan cultivars [J]. Hort Science, 2000, 35(6):1067-1069.
- [29] Kilby W M, Gibson R. Performance of mature pecan varieties in the low desert of Pinal County 1997-1999 [C]//Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report. 2000.
- [30] Bruce W W. Production characteristics of the United States pecan industry [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1993, 118(4):538-545.
- [31] Moreno N, Humberto J. Nutritional studies on pecans [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] growing in irrigated alkaline soils [D]. Tucson, Arizona: The University of Arizona, 2009.
- [32] Goff W D, Tyson T W. Fall freeze damage to 30 genotypes of young pecan trees [J]. Fruit varieties Journal, 1991, 45:176-179.
- [33] Sparks D. Zinc nutrition and the pecan. A review [J]. Pecan South, 1976, 3:304-334.
- [34] Beverly R B, Worley R E. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan [J]. HortScience, 1992, 27(3):271.
- [35] Medina C. Normas DRIS preliminares para nogal pecanero [J]. Terra, 2004, 22:445-450.
- [36] Pond A J, Walworth W M, Gibson K R, et al. Leaf nutrient levels for pecans [J]. Hort Science, 2006, 41:1339-1341.
- [37] 巨云为, 赵盼盼, 黄麟, 等. 薄壳山核桃主要病害发生规律及防控 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(4):31-36.
- [38] Sparks D. Scab control notes for 1974 and 1975 [J]. Pecan South, 1976, 3(1):290-291.
- [39] Grauke L J, Thompson T E. Pecans and hickories [M]//Janick J A, Moore J N. Fruit breeding. III. Nuts. Wiley and Sons, Inc, 1996:185-239.
- [40] Calcote V R, Madden G D, Peterson H D. Pecan cultivars tested for resistance to hickory shuckworm [J]. Pecan Quarterly, 1977, 11:4-5.