

# 一年生野生大豆 (*Glycine soja*) 生理生态学和种群生态学研究进展

孙 备, 李建东, 王国骄, 徐 亮, 薛 静, 韦 岩

(沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**野生大豆(*Glycine soja* Sieb. et Zucc.)是栽培大豆(*G. max*)的近源祖先种,为栽培大豆的遗传育种和种质改良提供了巨大的基因库。生态学研究是生物多样性保护和利用的基础,对野生大豆生理生态学的研究表明野生大豆属短日照、喜温、喜湿的植物,对土壤要求比较宽,具有一定的耐盐性;而野生大豆种群生态学的研究以种群遗传特征为主,已从种群分布、种子雨和种子库、种群动态、遗传分化以及种群的演化等方面开展了研究。但现在关于野生大豆对极端环境的适应、种群动态的研究以及野生大豆群落生态学的研究相对较少。因此,开展野生大豆生态学尤其是种群生态学和群落生态学的研究对野生大豆资源的保护具有十分重要的意义。

**关键词:**野生大豆;生理生态学;种群生态学

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2008)04-0687-06

## Research Progress on Physiological Ecology and Population Ecology of Annual Wild Soybean (*Glycine soja*)

SUN Bei, LI Jian-dong, WANG Guo-jiao, XU Liang, XUE Jing, WEI Yan

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 100161, Liaoning, China)

**Abstract:** Annual wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) was ancestor of soybean (*G. max*), and offers gene pool of breeding and improvement of soybean. Protection and utilization of biodiversity of annual wild soybean would be on the base of studies on its ecology. The studies on physiological ecology showed that annual wild soybean was a short-day, thermophilous and hygrophilous plant and could adapt to a variety of soil. Researches on population ecology of wild soybean included the distribution of population, seed rain and seed pool, dynamic of population, genetic differentiation and population evolution. But studies on adaptation to stress environments, population dynamics and community ecology were few. Therefore, it was important to conduct researches on population and community ecology of annual wild soybean for its protection.

**Key words:** Wild soybean; Physiological ecology; Population ecology

大豆是世界重要的油料作物。野生大豆 (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) 和栽培大豆 (*G. max*) 属于同一亚属,是栽培大豆的近源祖先种<sup>[1]</sup>。在自然条件下,二者可以发生种间杂交,故野生大豆为栽培大豆的遗传育种和种质改良提供了巨大的基因库。生理生态学主要研究生态因子对生物的影响以及生物对生态因子的适应;种群生态学主要探讨种群的特征和动态变化,故野生大豆生理生态学和种群生态学的研究是其保护和利用的基础和依据。

### 1 野生大豆的生理生态学特征

#### 1.1 光

光是植物生长发育的基础,是光合作用的能量

来源,在植物形态建成、开花调控等方面起着重要的作用。光质和光强对野大豆生长发育的影响尚未见报道,而野生大豆光周期反映的研究较为系统。野生大豆同栽培大豆一样属于短日照植物<sup>[1-2]</sup>。在原产地自然条件下,野生大豆临界花期都在夏至以后,即在日照长度逐渐缩短的条件下开花。我国不同地区野生大豆临界光期为 13 h 15 min ~ 16 h 40 min 之间,纬度越高临界光期越长,出苗晚的高纬度地区野生大豆开花要早于出苗早的低纬度地区<sup>[1,3]</sup>。但野生大豆的短日照也是有限度的,13 h 可能是野生大豆正常生育的下限<sup>[1,3]</sup>。

分布区不同的野生大豆对光周期敏感性存在差异。从纬度分布来看,低纬度地区的野生大豆对光

收稿日期:2008-02-19

作者简介:孙备(1980-),女,助教,硕士,研究方向为农业生态学和植物入侵生态学。E-mail:sb\_beibei@163.com。

通讯作者:李建东,副教授。E-mail:syljiandong@126.com。

周期的反映较高纬度地区的野生大豆敏感,18 h 日照长度条件下,仅 45°N 以北的材料能开花<sup>[1]</sup>。从海拔分布来看,野生大豆原产地海拔越高,所需短日的天数越少,通过光照阶段的时间越短;高海拔地区的野生大豆对日照反应不如同纬度平原材料对日照长度反应敏感<sup>[1,4]</sup>。

光周期不仅影响野生大豆能否开花,而且也影响野生大豆的生长发育速度和生殖生长状况,对结荚期、成熟期、营养生长和产量形成具有重要关系。徐豹等<sup>[5]</sup>研究表明,从出苗开始给予不同时光的日照,8 h 光照条件下从出苗到开花时间最短,随着光周期延长,从出苗到开花的时间延长<sup>[5]</sup>。野生大豆出苗后 3 d 内,长日照处理就能延迟开花;但 3 d 短日照处理后移至长日照条件下不能开花,处理至少要达到 9~12 d 才能开花,只有经 18 d 才能结荚与鼓粒,只有短日照处理达到 24 d,才能成熟<sup>[2]</sup>。

野生大豆对光周期反映的机理尚不清楚。现有研究表明,不同生态型的野生大豆对光周期的反应时期和反应部位不同。路琴华等<sup>[6]</sup>对 45°N 的野生大豆研究表明,生长点和第二个三出复叶是对光周期反应最敏感<sup>[6]</sup>。对贵州野生大豆的研究发现,第三个三出复叶期或有 1~2 个分枝时是晚熟的材料的最佳短日照处理时期,而早熟材料第一或第二个三出复叶期是感受光周期的关键时期<sup>[1]</sup>。

## 1.2 温度

野生大豆是喜温植物。在自然条件下,最热月份平均温度不足 20℃ 和最冷月份平均温度在 10℃ 以下的地区野生大豆不能生长。各纬度区野生大豆出苗期温度在 13.1~14.7℃。平均为 13.9℃;开花期温度在 20.5~26.3℃,平均为 23.9℃;成熟期温度在 11.0~19.0℃,平均为 15.4℃<sup>[3]</sup>。

昼夜温差对野生大豆的生长发育也有较大的影响,但不同纬度和海拔的野生大豆对昼夜温差反应不同。昼夜温差加大明显促进北方高纬度地区大豆的发育,而对南方低纬度地区的野生大豆有明显的抑制作用;低海拔野生大豆较高海拔野生大豆对夜温较低和昼夜温差大反应更敏感;但较低的昼温和夜温对野生大豆生长发育均有延缓作用<sup>[8]</sup>。

## 1.3 水分

野生大豆对水分需求量比较大,在自然条件下多分布在较湿润的土壤中,在较长期积水条件下,借助伴生植物也能良好生长,而在降雨量不足 300 mm 的地方没有野生大豆生长<sup>[1]</sup>。但野生大豆中也存

在高度抗旱的基因型,如 PI407155、ZYD1936、ZYD26654 等。

史宏等<sup>[9]</sup>对 410 份野生大豆材料进行了抗旱性研究,确定了 ZYD1936、ZYD3654 为 1 级抗旱材料,具有抗旱性稳定。高度抗旱野生资源的主茎明显,主茎节数较多,分枝数较少且短,结荚部位较低;中型椭圆叶,无限结荚蔓生习性;小粒、黑种皮、椭圆粒,以二、三粒荚为主,一粒荚次之,四粒荚较少,一级抗旱材料的四粒荚比栽培大豆多<sup>[9]</sup>。野生大豆抗旱材料 PI407155 的抗旱性要高于栽培抗旱品种 Essex。在干旱处理 15 d 以后 PI407155 生物量积累水平和组织含水量要高于 Essex,萎蔫症状较轻、膜破坏程度较 Essex 低;二者抗旱性的差异可能是由于 ClyDREBI 表达的时间和强度不同,PI407155 的 ClyDREBI 的在干旱胁迫 1 h 后即可迅速表达,而且转录水平要高于 Essex。人工施加外源激素可增强野生大豆幼苗抗旱能力,使其正常生长<sup>[10]</sup>。

## 1.4 土壤

野生大豆对土壤的要求比较宽,只要其它条件适宜,在各种类型的土壤上均可生长,而且具有较强的耐盐性,甚至在 pH 值 9.18~9.23 的条件下,也有生长良好的野生大豆。

盐胁迫抑制野生大豆幼苗生长,使其干物质积累量减少,根冠比上升<sup>[11]</sup>,叶片相对电解质渗漏率和丙二醛(MDA)含量显著增加,叶绿素含量和叶绿素荧光参数值显著下降<sup>[12]</sup>,但对耐盐性弱的抑制作用大于耐盐性强的。盐生野大豆 BB52 在盐胁迫下种群幼苗根和叶中的超氧阴离子产生速率低,SOD 活性上升,其中叶片表现明显,且叶中 APX 活性也有增加,AsA、Car 和 GSH 含量均上升,且升幅相对较大,但 POD 和 CAT 含量变化不显著<sup>[13-14]</sup>;根部多胺中的腐胺和精胺含量显著下降<sup>[15]</sup>。

盐胁迫对野生大豆造成的伤害中,离子毒害较渗透胁迫重,Na<sup>+</sup> 毒害大于 Cl<sup>-</sup> 毒害<sup>[13]</sup>。耐盐的和不耐盐的材料根系对钠、氯的吸收选择性没有明显的差异,但耐盐的根系具有积累钠和氯的能力,叶片钠、氯含量较低,并且对钾向地上部运输的选择性提高<sup>[11]</sup>。这些生理特性使耐盐的材料在盐胁迫下体内活性氧水平较低,膜系统伤害少,膜结合酶活性高,从而能维持液泡膜正常的代谢功能,可能是其适应盐胁迫的方式之一。

耐盐性野生大豆除了可以在生理上盐胁迫的适应外,其茎叶还有特殊的泌盐结构——盐腺。盐腺

着生于表皮外切向壁胞间层处,为圆球形,体积大小不等,基部有一小柄,其泌盐方式可能为幼嫩盐腺以泌盐孔泌盐,当盐腺成熟时盐腺整体破碎从而释放所积累的盐分<sup>[16-17]</sup>。而且抗盐野生大豆植物体内部还具有抗盐结构,其管孔团明显多于普通大豆,且导管分子的管间纹孔式为粗而密的互列式,次生维管射线多列化,并茎上角质层加厚、具腊质和典型盐生植物的气孔<sup>[18]</sup>。这些结构有利于野生大豆植物体内抗盐性物质和养分的运输以及盐分在体内的积累和分布,并有利于抵御土壤盐分过高导致的生理干旱。

尽管野生大豆中存在着耐盐性群体,但采用同工酶、RADP 和改良的 RADP 法的研究均表明,盐渍群体的遗传结构与正常群体类似,尚为发现高耐盐植株所共有而敏感植株没有的遗传结构<sup>[4]</sup>。

## 2 野生大豆的种群生态学研究

### 2.1 种群分布

野生大豆在世界上分布非常狭窄,仅限于东亚非干旱的温带地区,包括中国、朝鲜半岛、日本、俄罗斯的远东地区、库叶岛、千岛等。尽管野生大豆的分布区比较窄,但我国的分布范围比较广,分布区从 24°N ~ 53°N、97°E ~ 134°E,除新疆回族自治区、青海省和海南省没有发现野生大豆外,其它各省均有分布。徐豹等根据不同纬度野生大豆光温生态适应性划分了其生态地理分布区,包括北部极早熟区、北部早熟区、西北高原早熟区、中部中熟区、中南部中晚熟区、西南晚熟区和东南极晚熟区七个大区和十三个亚区<sup>[19]</sup>。这种生态类型的划分表征了不同地区分布的野生大豆生长发育特征尤其是以光温为基础的生育期的差异,是野生大豆长期适应分布区自然光温生态条件而进化的结果。

### 2.2 种子雨和种子库

种子雨作为基因流的一种形式,是种群生态学研究的一个重要领域。野生大豆以炸荚的形式散布种子,但通常只有一部分种子散落,少部分留在已炸的荚壳中,并且种子雨的散落具有一定的随机性。因此,炸荚可能是种子短距离传播的形式,留在植株上的种子可能会由于人或动物的活动散布到相对较远的地区,是种子长距离传播的形式。温度对野大豆炸荚影响不大,但相对湿度较小有利于野大豆炸荚;在风力和风向相同的情况下,野生大豆种子雨的空间分布取决于野生大豆种子的弹力和种子本身在

植株上的空间分布<sup>[20]</sup>。

种子库是指单位面积(或容积)土壤中贮存的种子量。种子库作为潜在的植物种群,在植物种群生活史中占有十分重要的地位。从空间角度看,野生大豆种子库随土壤层加深萌发种子数递减;从时间上看,野生大豆种子在刚脱离母体进入土壤层时发芽势高,以后随着环境条件恶劣发芽势降低,等气候逐渐转好种子萌发势开始回升<sup>[1]</sup>。野生大豆种子库动态表明,其内部存在生理代谢机制,调节代谢休眠状态,以保证种子在适应环境条件下萌发。野大豆种子为抗拒恶劣的环境,种子外围在长期的进化过程中形成了坚固的保护层,使得种子的硬实率在 96% 以上,自然状态下全部吸水发芽需要 5 ~ 7 年,室内贮藏 1 ~ 4 年的种子发芽率没有明显差异<sup>[21-22]</sup>。可见,野生大豆种皮限制萌发也是保持土壤种子库有活力种子来源的基础。

### 2.3 种群动态

种群动态的研究对探讨种群的适应和演化具有十分重要的意义,但关于野大豆种群动态的研究相对比较少。野生大豆生长前期的株高<sup>[23]</sup>和拟种群动态<sup>[24]</sup>均与逻辑斯递增长曲线具有较好的拟和性。高新华等<sup>[24]</sup>对野生大豆的拟种群动态的研究表明,表征种群内禀增长率的参数  $r$  与纬度呈显著的正相关关系,但表征平衡种群数量的参数  $K$  与材料类型和播期呈多元相关,受环境饰变的影响。结合生殖分配性状分析认为,不同纬度来源的野大豆具有不同的能量分配策略,高纬度的品种以更多的能量用于繁殖,趋向于  $r$ -对策者;低纬度的品种以更多的能量用于营养生长以加强个体竞争力,趋向于  $K$ -对策者。但该研究也表明高纬度的品种具有较高的个体生长率和群体增长率。这可能是由于不同纬度材料对资源的利用效率不同,可用于分配的资源总量不一致导致的。

### 2.4 种群遗传分化

野生大豆具有较高的遗传多样性。在形态水平上,从花色上可分为白花和紫花品种,种子有光滑的、无泥膜和有泥膜的,子叶有黄色的和青色的等等。在染色体水平、等位酶水平和 DNA 水平上的调查也表明,野生大豆总体遗传分化水平较高。我国国家种质资源库中保存了 6172 份一年生野生大豆材料,赵丽梅等<sup>[25]</sup>通过多种方法研究表明核心资源应该包括 652 份材料,可包含 83.64% 的等位基因。

Wang 等<sup>[26]</sup>采用简单系列重复(SSR)比较了中

国和日本野生大豆的遗传多样性(分别 45 份和 60 份材料),中国基因库的总遗传分化系数高于日本,但二者的平均杂和度(He)和群体内遗传分化系数(HS)差异不明显,总遗传分化的差异主要是由于群体间遗传分化的差异导致的<sup>[26]</sup>。府宇雷等<sup>[27]</sup>采用随机扩增多态 DNA(RAPD)法对我国 5 个纬度 8 个不同地点的野生大豆研究表明,不同纬度野生大豆种群存在较高的遗传变异,而且其遗传变异与地理纬度有一定的正相关<sup>[27]</sup>,Li 等的研究也表明野大豆的遗传分化与起源的地理区域有一定的相关性<sup>[28]</sup>;但也有研究表明,种群间基因频率变化与所在纬度相关性比较模糊<sup>[29]</sup>。研究结果的差异可能是由于样本数量和样本性质的不同导致的。

同一分布区内不同野生大豆种群间遗传分化水平也较高,但不同种群间的遗传距离与地理距离以及生态环境之间没有相关关系<sup>[28,30-31]</sup>。这与野生大豆的生物学特性相符,野生大豆是严格的自交植物,自然条件下异花授粉率只有 0.1% 左右,并且其种子主要通过炸荚的方式进行传播,传播距离比较近,限制了远距离的基因交流。虽然野生大豆居群内遗传分化程度要低于居群间,但居群内也存在着一定的遗传多样性,分子标记研究表明,要有 40 个左右的个体才能代表一个居群内的 90% 的遗传变异(以多态位点为指标),并且各取样点之间要间隔一定的距离,这为野生大豆保护取样策略提供了依据<sup>[32-35]</sup>。

## 2.5 野生大豆的演化

对野生大豆遗传多样性的研究是确定大豆起源的重要依据,但不同的研究方法所得到的结论有较大的差异。徐豹等<sup>[36]</sup>和董英山等<sup>[37]</sup>采用形态指标和数量性状的研究结果虽略有差异,但均表明黄河中下游和东北是野生大豆的遗传多样性中心,而采用分子生物学方法的研究表明南方的遗传多样性高于北方<sup>[38-39]</sup>。但二者在研究样本的数量上存在差异,徐豹等<sup>[36]</sup>和董英山等<sup>[37]</sup>的研究是以整个种质资源库为基础的,而分子生物学方面的研究材料最多还不足 800 份,因此,野生大豆遗传多样性中心的调查还需要进一步的开展分子生物学的研究。由于野生大豆遗传多样性中心尚不能确定,因此,栽培大豆起源于何处由何演化而来也尚无定论。现在较为流行的学说有东北起源学说、北方起源学说、长江流域起源学说、黄河流域起源学说及多中心起源学说。徐豹等在形态指标和数量性状的研究基础上结合历

史学资料认为栽培大豆起源于我国北方地区,而盖钧镒等<sup>[38]</sup>采用多种方法对中国栽培大豆和野生大豆不同生态型群体间遗传演化关系的研究表明南方原始野生大豆可能是各地栽培大豆的共同祖先,南方原始栽培类型在向北方扩展过程中不断演化出各种早熟类型,但其研究的材料数量相对较少。

## 3 结语

尽管我国野生大豆资源丰富,但 2002~2004 年对中国野生大豆资源的第二次调查表明,伴随着国家现代工业和城镇建设的高速发展,野生大豆分布面积锐减,仅有在少数地区分布有大面积的群体<sup>[39-40]</sup>。同时,栽培大豆育种过程存在着因亲本遗传基础狭窄,导致杂交后代表现为主要经济性状变异幅度小,难以产生新的突破口等问题。因此,开展野生大豆资源的保护的研究势在必行。

生态学研究是生物多样性保护和利用的基础。但现在关于野生大豆的生态学研究主要集中在生理生态学和种群生态学两个方面,且以光温特性和种群遗传特征的研究为主,关于野生大豆对极端环境的适应以及种群数动态的研究相对较少。野生大豆多数为攀援生长,通常是群落的伴生种。高红明等关于人为活动导致生境破坏对野生大豆种群的影响的初步调查表明,群落环境对野生大豆的生长发育有明显的影[7]。但现在关于野生大豆生境群落的调查基本属于空白,这会限制野生大豆就地保护的开展。而且,野生大豆遗传分化水平比较高,在不同地区形成不同的地理种群。因此,开展野生大豆生态学尤其是种群生态学和群落生态学的研究对野生大豆资源的保护具有十分重要的意义。

## 参考文献

- [1] 庄炳昌. 中国野生大豆生物学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999. (Zhuang B C. Biology study on wild soybean in China[M]. Beijing: Science Press, 1999.)
- [2] 徐豹, 陆琴华. 大豆研究 III. 野生大豆与栽培大豆光周期效应的比较研究[J]. 大豆科学, 1988, 7(4): 270-275. (Xu B, Lu Q H. Soybean ecology study III. Study on comparison the flowering critical photoperiod between wild soybeans and cultivate soybeans [J]. Soybean Science, 1988, 7(4): 270-275.)
- [3] 李福山, 李向华. 野生大豆在自然界中光温反应的规律[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 670-675. (Li F S, Li X H. Response regularity of wild soybean to photoperiod and temperature in natural environment [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 29(5): 670-675.)
- [4] 胡志昂, 王洪新, 钟敏, 等. 野生大豆群体的遗传多样性 [M]//

- 胡志昂,张亚平. 中国动植物的遗传多样性. 杭州:浙江科学技术出版社,1997. (Hu Z Y, Wang H X, Zhong M, et al. Genetic diversity of wild soybean[M]//Hu Z Y, Zhang Y P. Genetic diversity of animals and plants in China. Hangzhou: Zhejiang Science Press, 1997. )
- [5] 徐豹,陆琴华. 大豆研究IV. 野生大豆控光和自然条件下开花临界光周期的研究[J]. 大豆科学,1991,10(2):85-92. (Xu B, Lu Q H. Soybean ecology study IV. Study on the flowering critical photoperiod of wild soybeans (*G. soja*) [J]. Soybean Science, 1991,10(2):85-92. )
- [6] 陆琴华,徐豹. 大豆光周期感光部位的研究[J]. 吉林农业科学,1990(1):95-96. (Lu Q H, Xu B. Study on the flowering critical photoperiod sensitive tissue of soybean[J]. Journal of Jilin Agricultural Science, 1990(1):95-96. )
- [7] 高红明,柏伟荣,包志峰,等. 人为活动对野生大豆种群的影响[J]. 安徽农业科学,2006,34(18):4708-4709. (Gao H M, Bo W R, Bao Z F, et al. Preliminary investigation of the impact of human activities on population of wild soybean[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2006,34(18):4708-4709. )
- [8] 庄炳昌,徐豹,陆琴华. 大豆研究II 中国不同纬度不同进化类型大豆对昼夜温度反应的研究[J]. 大豆科学,1986,5(4):289-298. (Zhuang B C, Xu B, Lu Q H. Soybean ecology study IV. Study on day and night temperature reaction of different evolutionary types of soybean on different latitude in China[J]. Soybean Science, 1986,5(4):289-298. )
- [9] 史宏,刘学义. 野生大豆抗旱性鉴定及研究[J]. 大豆科学,2003,22(4):264-268. (Shi H, Liu X Y. Studies on the drought resistance of wild soybean germplasm[J]. Soybean Science, 2003,22(4):264-268. )
- [10] Chen Y, Chen P, de los Reyes B G. Differential responses of the cultivated and wild species of soybean to dehydration stress [J]. Crop Science, 2006,46:2041-2046.
- [11] 杨晓英,章文华,王庆亚,等. 江苏野生大豆耐盐性和离子在体内的分布及选择性运输[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2237-2240. (Yang X Y, Zhang W H, Wang Q Y, et al. Salt tolerance of wild soybeans in Jiangsu and its relation with ionic distribution and selective transportation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003,14(12):2237-2240. )
- [12] 陈宣钦,刘怀攀,罗庆云,等. 耐盐性不同的野大豆种子和幼苗对等渗水分和 NaCl 胁迫的响应[J]. 南京农业大学学报,2006,29(4):28-32. (Chen X Q, Liu H P, Luo Q Y, et al. Responses of seed and seedling of *Glycine soja* with different salt tolerance to iso-osmotic water and NaCl stresses[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2006,29(4):28-32. )
- [13] 於丙军,刘友良. 盐胁迫对一年生盐生野大豆幼苗活性氧代谢的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(1):18-22. (Yu B J, Liu Y L. Re-transportation of ions in *Glycine soja* and *Glycine max* seedlings under NaCl stress[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2003,29(1):18-22. )
- [14] 杨晓英,刘友良,罗庆云,等. 盐胁迫下野生大豆叶片中 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 积累导致活性氧伤害[J]. 大豆科学,2003,22(2):83-87. (Yang X Y, Liu L Y, Luo Q Y, et al. Accumulation of Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> in the leaves of wild soybean seedlings lead to the oxidative damage under salt stress[J]. Soybean Science, 2003,22(2):83-87. )
- [15] 於丙军,吉晓佳,刘俊,等. 氯化钠胁迫下野生和栽培大豆幼苗体内多胺水平变化[J]. 应用生态学报,2004,15(7):1223-1226. (Yu B J, Ji X J, Liu J, et al. Changes of polyamines level in *Glycine soja* and *Glycine max* seedlings under NaCl stress[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004,15(7):1223-1226. )
- [16] Zhou S, Zhao K F. Discussion on the problem of salt gland of *Glycine soja* [J]. Acta Botanica Sinica, 2003,45(5):574-580.
- [17] 陆静玲,刘友良,胡波,等. 中国野生大豆盐腺的发现[J]. 科学通报,1998,43(19):2074-2078. (Liu J L, Liu Y L, Hu B, et al. The discovery of salt gland of Chinese wild soybean[J]. Chinese Science Bulletin, 1998,43(19):2074-2078. )
- [18] 朱俊义,杨光宇,赵凤娟,等. 野生大豆抗盐解剖结构研究[J]. 东北师范大学学报(自然科学版),2003,35(4):105-108. (Zhu J Y, Yang G Y, Zhao F J, et al. Study on salt-resistant structure of *Glycine soja* L [J]. Journal of Northeast Normal University, 2003,35(4):105-108. )
- [19] 徐豹,陆琴华,庄炳昌. 世界野生大豆的生态型及其地理分布的研究[J]. 植物生态与地植物学学报,1989,13(2):114-120. (Xu B, Lu Q H, Zhuang B C. Analysis of ecology and their geographical distribution of wild soybean (*G. Soja*) in the world[J]. Acta Phytocologica Geobotanica Sinica, 1989,13(2):114-120. )
- [20] 李军,郑师章,钱吉,等. 野生大豆种子雨的研究[J]. 应用生态学报,1997,8(4):372-376. (Li J, Zheng S Z, Qian J, et al. Seed rain of *Glycine soja* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997,8(4):372-376. )
- [21] 李光发,黄文,曲刚,等. 野生大豆籽粒吸水性的探讨[J]. 大豆科学,1994,13(4):376-379. (Li G F, Huang W, Qu G, et al. Discussion on seed superabsorbent of wild soybean [J]. Soybean Science, 1994,13(4):376-379. )
- [22] 乔亚科,李桂兰,王文颇,等. 不同处理方法和贮藏时间对野生大豆种子萌发的影响[J]. 种子,2003,129(3):33-34. (Qiao Y K, Li G L, Wang W P, et al. Effect of different treatment methods and storage period on the germination of wild soybean [J]. Seed, 2003,129(3):33-34. )
- [23] Chen Y, Nelson R. Variation in early plant height in wild soybean [J]. Crop Science, 2006,46:865-869.
- [24] 高新华,李宏元,郑师章,等. 不同纬度来源的野生大豆拟种群动态参数及其生态意义[J]. 应用生态学报,1996,7(3):225-261. (Gao X H, Li H Y, Zheng S Z, et al. Parameters of metapopulation dynamics of wild soybean originated from different latitudes and their significance of ecological adaptation [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1996,7(3):225-261. )
- [25] 赵丽梅,董英山,刘宝,等. 中国一年生野生大豆 (*Glycine soja*) 核心资源构建[J]. 科学通报,2005,50(10):992-999. (Zhao L M, Dong Y S, Liu D, et al. Establishment of a core collection for the Chinese annual wild soybean (*Glycine Soja*) [J]. Chinese Science Bulletin, 2005,50(10):992-999. )
- [26] Wang K J, Takahata Y. A preliminary comparative evaluation of ge-

- netic diversity between Chinese and Japanese wild soybean (*Glycine soja*) germplasm pools using SSR markers [J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2007, 54: 157-165.
- [27] 府宇雷, 钱吉, 马玉虹, 等. 不同尺度下野大豆种群的遗传分化 [J]. *生态学报*, 2002, 22(2): 176-184. (Fu Y L, Qian J, Ma Y H, Li J, et al. Genetic differentiation research on populations of wild soybeans in different scales [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2): 176-184.)
- [28] Li Z, Nelson R L. RAPD marker diversity among cultivated and wild soybean accessions from four Chinese provinces [J]. *Crop Science*, 2002, 42: 1737-1744.
- [29] 赵洪锬, 王玉民, 李启云, 等. 中国不同纬度野生大豆和栽培大豆 SSR 分析 [J]. *大豆科学*, 2001, 20(3): 172-176. (Zhao H K, Wang Y M, Li Q Y, et al. SSR analysis of wild soybean (*G. soja*) and cultivated soybean from different latitude in China [J]. *Soybean Science*, 2001, 20(3): 172-176.)
- [30] 周晓馥, 庄炳昌, 王玉民, 等. 利用 RAPD 与 SSR 技术进行野生大豆种群内分化的研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10(4): 6-9. (Zhou X F, Zhuang B C, Wang Y M, et al. Population differentiation of wild soybean based on the RAPD and SSR analysis [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2002, 10(4): 6-9.)
- [31] 关荣霞, 刘秀敏, 常汝镇, 等. 辽宁新宾县原位保护区野生大豆 (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) 遗传多样性分析 [J]. *高技术通讯*, 2006, 16(1): 67-72. (Guan R X, Liu X M, Chang R Z, et al. Genetic diversity analysis of wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) from in-situ conserved population in Xinbin county of Liaoning province [J]. *High Technology Communication*, 2006, 16(1): 67-72.)
- [32] 朱维岳, 周桃英, 钟明, 等. 基于遗传多样性和空间遗传结构的野生大豆居群采样策略 [J]. *复旦学报*, 2006, 45(3): 321-327. (Zhu W Y, Zhou T Y, Zhong M, et al. Sampling strategy for wild soybean (*Glycine soja*) populations based on their genetic diversity and fine-scale spatial genetic structure [J]. *Journal of Fudan University (Natural Science)*, 2006, 45(3): 321-327.)
- [33] Jin Y, Zhang W J, Fu D X, et al. Sampling strategy within a wild soybean population based on its genetic variation detected by ISSR makers [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(8): 995-1002.
- [34] Zhao R, Cheng Z, Lu W F, et al. Estimating genetic diversity and sampling strategy for a wild soybean (*Glycine soja*) population based on different molecular markers [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(10): 1219-1227.
- [35] 赵茹, 程舟, 陆伟峰, 等. 基于分子标记的野生大豆居群遗传多样性估算与取样策略 [J]. *科学通报*, 2006, 51(9): 1042-1048. (Zhao L, Chen Z, Lu W F, et al. Sampling strategy and genetic diversity for wild soybean (*Glycine soja*) populations based on molecular makers [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(9): 1042-1048.)
- [36] 徐豹, 徐航, 庄炳昌, 等. 中国野生大豆籽粒性状的遗传多样性及其地理分布 [J]. *作物学报*, 1995, 21(6): 733-739. (Xu B, Xu H, Zhuang B C, et al. Polymorphism and geographical distribution of seed characters of wild soybean (*G. soja*) in China [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1995, 21(6): 733-739.)
- [37] 董英山, 庄炳昌, 赵丽梅, 等. 中国野生大豆遗传多样性中心 [J]. *作物学报*, 2000, 26(5): 521-527. (Dong Y S, Zhuang B C, Zhao L M, et al. The genetic diversity centers of annual wild soybean in China [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(5): 521-527.)
- [38] 盖钧镒, 许东河, 高忠, 等. 中国栽培大豆和野生大豆不同生态类型群体间遗传演化关系的研究 [J]. *作物学报*, 2000, 26(5): 513-520. (Gai J Y, Xu D H, Gao Z, et al. Studies on the evolutionary relationship among eco-types of *G. max* and *G. soja* in China [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(5): 513-520.)
- [39] 许东河, 高忠, 田清霞, 等. 中国一年生野生大豆群体的遗传多样性研究 [J]. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(5): 439-443. (Xu D H, Gao Z, Tian Q Z, et al. Genetic diversity of the annual wild soybean (*Glycine soja*) in China [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 1999, 5(5): 439-443.)
- [40] 李向华, 王克晶, 李福山. 中国部分地区一年生野生大豆资源考察、收集及分布现状的研究 [J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(3): 319-322. (Li X H, Wang K J, Li F S. Analysis on the current status of annual wild soybean distributed in part of China [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2005, 6(3): 319-322.)
- (上接第 686 页)
- [11] 沈玲玲, 吴恩之. 反复煎炸油体内致突变的研究 [D]. 杭州: 浙江医科大学, 1996: 164-168. (Shen L L, Wu E Z. Repeatedly fried in oil to the mutation of [D]. Hangzhou: Zhejiang Medical University, 1996: 164-168.)
- [12] 陈炳卿. 营养与食品卫生学 (第三版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 198. (Chen B Q. Nutrition and food hygiene (3<sup>rd</sup> edition) [M]. Beijing: People's Hygiene Press, 1994: 198.)
- [13] 刘应泉. 油脂与健康 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1989: 153. (Liu Y Q. Fats and health [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 1989: 153.)
- [14] 吴金凤, 王永庆. 油脂的氧化变质及其预防措施 [J]. *黑龙江科技*, 2000, 2: 34-35. (Wu J F, Wang Y Q. Oil and preventive measures of degeneration [J]. *Heihe Technology*, 2000(2): 34-35.)
- [15] 秦洪万. 关于煎炸油 [J]. *粮食与油脂*, 1999(3): 25-27. (Qin H W. On the frying oil [J]. *Food and Grease*, 1999(3): 25-27.)
- [16] 刘爱红. 我国食品安全存在问题及对策 [J]. *江苏食品与发酵*, 2007(2): 25-27. (Liu A H. China's food security problems and countermeasures [J]. *Jiangsu Food and Fermentation*, 2007(2): 25-27.)