

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

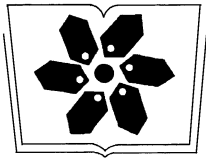
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异

王燕平, 李贵全*, 郭数进, 王 鹏

(山西农业大学农学院, 山西太谷 030801)

摘要: 选用山西 57 份不同生态型大豆种质资源为材料, 利用 SDS-PAGE 梯度电泳技术分离 11S 球蛋白和 7S 伴球蛋白各主要亚基, 通过 Quantity One 4.52 软件得出 11S 和 7S 及其亚基的相对含量。结果表明, 不同生态型大豆种质资源间同一亚基相对含量存在较大变异, 其中变异系数最大的为 β 亚基, 变异幅度为 7.32%—21.71%, 变异系数为 17.46%。11S/7S 比值平均值为 1.78 ± 0.33 , 变异幅度为 1.46%—3.45%, 变异系数为 18.55%, 差异较大。11S、7S 含量与蛋白质和脂肪含量没有相关性。可以看出大豆蛋白亚基相对含量随品种和产地变化存在明显的变异。同时发现 4 份自然变异的特异大豆种质, 为专用型优质大豆品种的选育及大豆食品加工原料的选择提供重要的参考种质。

关键词: 山西; 大豆; 种质资源; 蛋白亚基; 变异

Variation of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi

WANG Yanping, LI Guiquan*, GUO Shujin, WANG Peng

College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China

Abstract: Soybean protein is an important source of edible protein. The components of subunits of soybean protein not only directly affect the function of soybean, but also affect the nutritional characteristics of soybean, thus affecting its application value. There were many reports about the soybean germplasms with 11S glycinin and 7S conglycinin and the relative content of their subunits, however, there is no research report on the components and contents of protein subunits of soybean germplasms in Shanxi ecotypes. In this study, 57 soybean germplasms of different eco-types from Shanxi Province were tested. pH gradients were set to analyze the total proteins of the same soybean germplasm (51×57) precipitated in different pH values by SDS-PAGE electrophoresis, determining the best pH value ($\text{pH} = 4.6$) precipitating storage proteins. Based on the analysis above, various main subunits of 11S glycinin and 7S conglycinin were separated and relative contents of 11S, 7S and their subunits were acquired by Quantity One 4.52. The results showed that among the components of 7S, the subunit β possessed the highest average relative content, which was 15.97%; among the components of 11S, the subunit BS possessed the highest average relative content, which was 44.76%. The relative contents of the same subunits of different eco-types soybean germplasms showed wide variation. The subunit β had the highest variation coefficient and its variant range was from 7.32% to 21.71%, its variation coefficient amounted to 17.46%. The subunit BS had the lowest variation coefficient and its variant range was from 36.65% to 51.86%, its variation coefficient was only 5.65%. The average value of the 11S/7S ratio of soybean ecotypes in Shanxi was 1.78, standard deviation was 0.33, the variant range was from 1.46 to 3.45 and the variation coefficient was 18.55%. The 11S/7S ratios were mostly distributed between 1.50 and 1.99, there were 43 germplasms in the range. There were 5 germplasms whose 11S/7S ratios were lower than 1.50 and there were 4 germplasms whose 11S/7S ratio were between 2.00 and 2.50. Subunits components of different soybean germplasms possessed variations on the relative contents and absence of different subunits, which indicated that there was

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A04); 山西省科技攻关计划资助项目(20080311007-1)

收稿日期: 2010-06-01; **修订日期:** 2010-09-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: li-gui-quan@126.com

abundant genetic diversity in soybean germplasms in Shanxi ecotypes. Correlation was found among various subunits, also between the subunits and 11S and 7S. 11S was extremely negatively correlated with 7S ($r = -0.998^{**}$). 11S, 7S and the 11S/7S ratio were not correlated with protein and fat. This result showed that there was a small feasibility to cultivate higher protein or higher fat soybean varieties by selecting higher relative contents of 11S and 7S, and higher 11S/7S ratios of soybean germplasms. It was revealed that the contents of subunits of soybean proteins varied depending varieties and their origins. We discovered four excellent soybean germplasms of natural mutation in this study, they are respectively SN-Z420 (lacking lipoxidase), Luliang Local variety (extremely low content of subunit β), Jinhan125 $\times$ 9886083-1 (low content of subunit A3), and 6001 $\times$ Jinpin55 (the highest value of the 11S/7S ratio), which would provide the foundation of research on component and variation of protein subunits of soybean germplasms, analysis and mechanism of genetic variation of protein subunits in the ecotypes of Shanxi and loess plateau, and breeding programmes for excellent soybean varieties and food-processing with important germplasms.

Key Words: Shanxi; soybean; germplasm; protein subunit; variation

大豆是高蛋白作物,其籽粒蛋白质含量一般在 40% 左右。大豆籽粒蛋白质含量因品种、产地和不同生态条件不同而不同^[1-2]。根据沉降系数将大豆蛋白质区分为 15S、11S、7S 和 2S4 种组分,这已经被众多的研究者所接受^[3-4]。大豆贮藏蛋白主要由 7S 和 11S 组成,占大豆总蛋白的 70% 左右^[5],根据理化特性的不同可将 7S 划分为 3 种类型: β -伴大豆球蛋白、 γ -伴大豆球蛋白和碱性 7S 球蛋白,其中 β -伴大豆球蛋白是主要的存在形式,由 α' (MW-72000)、 α (MW-68000)、 β (MW-52000) 3 种亚基组成^[6]。大豆 11S 球蛋白可分为酸性区域和碱性区域两部分,酸性区域分子量为 34.8 kDa。碱性区域分子量为 19.6 kDa。其中酸性亚基有 A1a (MW-38000)、A1b (MW-38000)、A2 (MW-38000)、A3 (MW-45000)、A4 (MW-38000)、A5 (MW-11000),碱性亚基有 B1a (MW-19000)、B1b (MW-19000)、B2 (MW-19(H10))、B3 (MW-20000)、B4 (MW-19000),它们以二硫键结合形成特定的酸-碱配对的二聚体^[7]。Cai 等^[8]研究指出,11S 和 7S 的含量受大豆品种和环境的影响。关荣霞等^[9]对 175 份中国大豆品种资源 11S/7S 组分分析结果表明,11S 和 7S 的含量呈极显著负相关($r = -0.95$),11S/7S 比值范围为 0.77—4.67,并鉴定出 1 份自然缺失 β 亚基的材料。Kitamura 等^[10]对 1700 份大豆种质贮藏蛋白分析结果表明,11S/7S 比值平均为 1.12,并发现毛振 (Keburi) 和秣食豆 (公 503) 2 种质具有较高的 11S/7S 比值,分别为 1.61 和 2.59,它们的含硫氨基酸比正常品种高 1.2 倍,而蛋白质含量与正常品种相似,因此他们认为,通过增加 11S/7S 比值而不降低蛋白含量来提高大豆种子中贮藏蛋白含硫氨基酸含量是可行的。徐豹等^[11]分析了我国不同纬度 213 份生大豆种子贮藏蛋白的 11S/7S 比值,平均值为 1.06,比值范围为 0.36—4.40,获得了 1 份 11S/7S 比值为 4.40 的品种。所有这些研究对于改良大豆贮藏蛋白的营养价值和加工品质都具有重要意义。本研究通过对山西农业大学 57 份大豆资源的蛋白亚基相对含量检测与分析,旨在探索山西及黄土高原这一生态区大豆种质资源中蛋白亚基组成以及变异规律,筛选优质蛋白种质,为蛋白亚基含量遗传差异分析及机理研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

本研究从山西农业大学大豆资源中选取不同生态型种质资源共 57 份(表 1)。2009 年春播种植于山西农业大学农作站,每个材料 3 行,行长 5m,行距 0.5m,重复 3 次,大田管理按一般栽培水平进行,收获后,采用 Infratec™ 1241 Grain Analyzer V5.00 品质分析仪测定蛋白质和脂肪含量,采用 SDS-PAGE 凝胶电泳进行蛋白组分分析。

1.2 试验方法

1.2.1 脱脂豆粉的制备

将待测的大豆种子去皮,磨成粉后过 60 目筛,所得豆粉与乙醚按 1:10 (g/mL) 比例混合,放置室温过夜,

弃去上清液,得到脱脂豆粉,将脱脂豆粉风干后,−20 ℃保存备用。

表 1 供试种质资源名称及编号
Table 1 Names and numbers of germplasms

编号 No.	种质资源名称 Names of germplasms	编号 No.	种质资源名称 Names of germplasms	编号 No.	种质资源名称 Names of germplasms
1	晋豆 25	20	晋大 78	39	中品 88 × 晋大 47
2	晋大 53 × 晋豆 19-1	21	晋豆 27	40	晋旱 125 × 9886083-1
3	晋大 53 × 晋豆 19-2	22	晋豆 26	41	6001 × 晋品 55
4	(69 × 701) × 晋大 53	23	晋大 74	42	955061 × 7310
5	209 × 邯 93-420	24	晋豆 24	43	SN-Z420
6	51 × 67-1	25	绿宝石	44	扁茎豆
7	晋大 75	26	中作 966 × 晋大 47	45	69 × 50
8	52 × 57-1	27	晋大 84	46	52 × 四粒黄
9	52 × 57-2	28	中遗 8902 × 日本恩来	47	晋旱 125 × 55
10	晋大 80	29	晋大 78	48	昔野 501 × 科丰 6 号
11	61 × 57-2	30	51 × 57	49	(复 61 × 25) × (28 × 34)
12	尖紫 73	31	延安豆	50	65 × 绿宝石
13	尖白 73	32	晋大 82	51	(61 × 23) × 独灰紫
14	圆白 73	33	太谷回马	52	晋旱 125 × 67
15	圆紫 73	34	吕梁农家种	53	52 × 晋豆 1 号
16	69 × 冀豆-1	35	兴县黄豆-1	54	52 × 晋豆 8 号
17	69 × 冀豆-2	36	兴县黄豆-2	55	晋旱 125 × 9886083-2
18	晋大 83	37	农科 6 号	56	鲁豆 4 号 × 晋豆 8 号
19	黑珍珠	38	科丰 6 号	57	52 × 47

1.2.2 贮藏蛋白的提取

将提取液(0.05mol/LTris-HCl pH8.0,0.01mol/L β-巯基乙醇)与脱脂豆粉按 10:1(mL/g)的比例混合,室温提取 2h,5000r/min 离心 15min,取上清液,备用。

1.2.3 贮藏蛋白最佳沉淀效果 pH 值的确定

在所选大豆种质资源中随机选取 1 份大豆种质资源(51 × 57),按 1.2.2 的方法得到上清液。设 9 个不同 pH 值沉淀大豆贮藏蛋白,再 5000 r/min 离心 10min,弃去上清液,沉淀的球蛋白冷冻干燥备用。

1.2.4 上样缓冲液的制备

将球蛋白溶解于含 0.1mol/LTris-HClpH8.0,0.01mol/L β-巯基乙醇,30%的蔗糖,1—2 滴溴酚蓝溶液中,配成样品缓冲液用于电泳。

1.2.5 贮藏蛋白 SDS-PAGE 凝胶电泳

采用不连续垂直板状凝胶电泳,凝胶厚度 1mm,浓缩胶浓度为 5%,电流 15mA,分离胶浓度为 12%,电流 30mA。采用考马斯亮蓝 R-250 染色 2h,用蒸馏水漂洗 2—3 次,再用甲醇、冰醋酸溶液(甲醇:冰醋酸:水 = 1:6:3)在脱色摇床上脱色,直至各亚基条带清晰,最后 7%冰醋酸固定。电泳完成后用 TY4133 型凝胶成像分析系统拍照。

1.3 大豆蛋白组分和相关性状的测定

1.3.1 蛋白质和脂肪含量

在每份种质资源中,选取健康饱满的种子 1500 粒,用 Infratec™1241 Grain Analyzer V5.00 品质分析仪测定粗蛋白质和粗脂肪含量,每份种质资源重复 3 次。

1.3.2 11S 组分和 7S 组分亚基的划分及相对含量

电泳图片用 TY4133 型凝胶成像分析系统拍照,蛋白亚基条带的识别依据 Mujoo 等^[12]、Chun Liu 等^[13]的

研究结果进行。亚基的相对含量定义为其光密度占该泳道总光密度的百分率(包括带之间的区域),采用 Quantity One 4.52 软件完成。

1.4 数据分析

原始试验数据处理采用 Excel 软件完成,相关性分析采用 SPSS13.0 软件。

2 结果与分析

2.1 梯度 pH 沉淀大豆贮藏蛋白效果比较

本试验参考 Mujoo^[12] 等和 Chun Liu 等^[13] 的研究结果,将 7S 组分分为 α' 、 α 、 β 3 种亚基,11S 分为 A3、AS、BS 3 种亚基(图 1)。对不同 pH 值沉淀的同一大豆种质资源总蛋白进行 SDS-PAGE 电泳分析,从图 1 可以看出,不同 pH 值条件下,蛋白亚基条带染色深浅及条带粗细存在明显的差异。pH 在 3.4—4.2 范围内,各亚基得率差异均不明显;pH 在 4.6—5.8 范围内,11S 组分亚基得率差异不太明显,而 7S 组分亚基得率存在很大差异;当 pH 2.8 时,11S 和 7S 组分各亚基得率均显著降低。结果表明,pH 值为 4.6 时,11S 和 7S 各亚基综合得率最高。

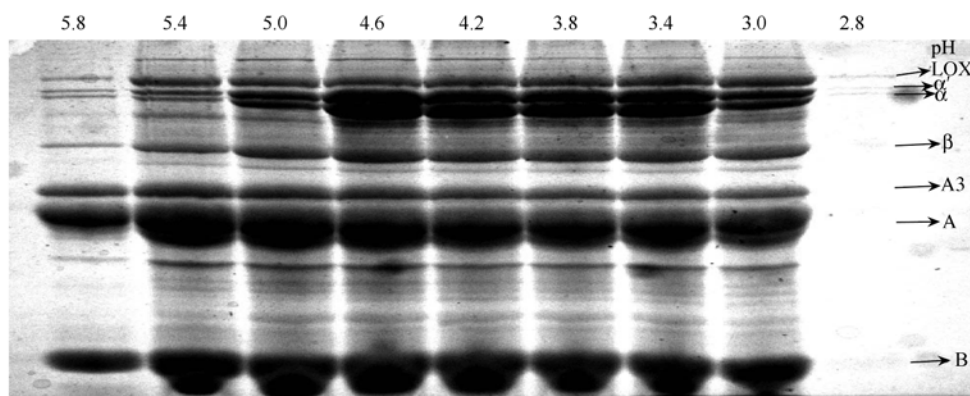


图 1 梯度 pH 沉淀大豆贮藏蛋白效果比较

Fig. 1 Comparison of gradient pH to precipitate soybean storage protein

2.2 山西不同生态型大豆种质资源 11S 和 7S 亚基图谱分析

在 2.1 所得结果的基础上,对 57 份不同生态型大豆种质资源进行 SDS-PAGE 电泳,见图 2,由图 2 可以看出,同一品种各亚基带型清晰可辨,相对含量差异较大。而不同品种在亚基组成上没有差异,但同一亚基在不同品种间带型的粗细和染色深浅存在较大差异。由图可见,43 号种质(SN-Z420)与其他种质差异尤为明显,表现为缺失脂肪氧化酶(Lipoxygenase)。41 号种质(6001 × 晋品 55) AS 和 BS 亚基带型染色较其他品种深。

2.3 山西不同生态型大豆种质资源 11S 和 7S 亚基相对含量变异

根据不同生态型大豆种质资源贮藏蛋白各亚基相对含量的统计分析结果(表 2)可知:11S 和 7S 组分及其亚基相对含量在不同生态型种质资源间存在较大变异。经分析,7S 组分中的 α' 、 α 、 β 平均含量分别为 9.81%、10.58%、15.97%,平均相对含量最高的为 β 亚基;11S 组分中的 A3、AS、BS 平均含量分别为 7.92%、10.94%、44.76%。平均相对含量最高的 BS 亚基。

由表 2 可以看出,57 份被检测种质资源的 11S 和 7S 组分及同一亚基在不同种质资源间平均相对含量的变异很大。7S 组分的相对含量变异系数为 9.44%,变异幅度为 21.67%—40.65%,11S 的相对含量变异系数为 5.16%,变异幅度为 59.73%—76.33%,11S/7S 比值的变异系数为 18.55%,变异幅度为 1.46—3.45。各亚基的变异系数分别为 α' (13.49%)、 α (13.42%)、 β (17.46%)、A3 (16.25%)、AS (11.61%)、BS (5.65%)。其中变异系数最大的为 β 亚基(17.46%),最小的为 BS 亚基(5.65%),具有丰富的遗传多样性。

2.4 山西不同生态型大豆种质资源 11S 和 7S 组分亚基相对含量的相关性分析

经 SPSS 13.0 软件对 11S 与 7S 组分进行统计分析(见表 3),结果表明:总 7S 球蛋白与 α' 、 α 和 β 亚基在

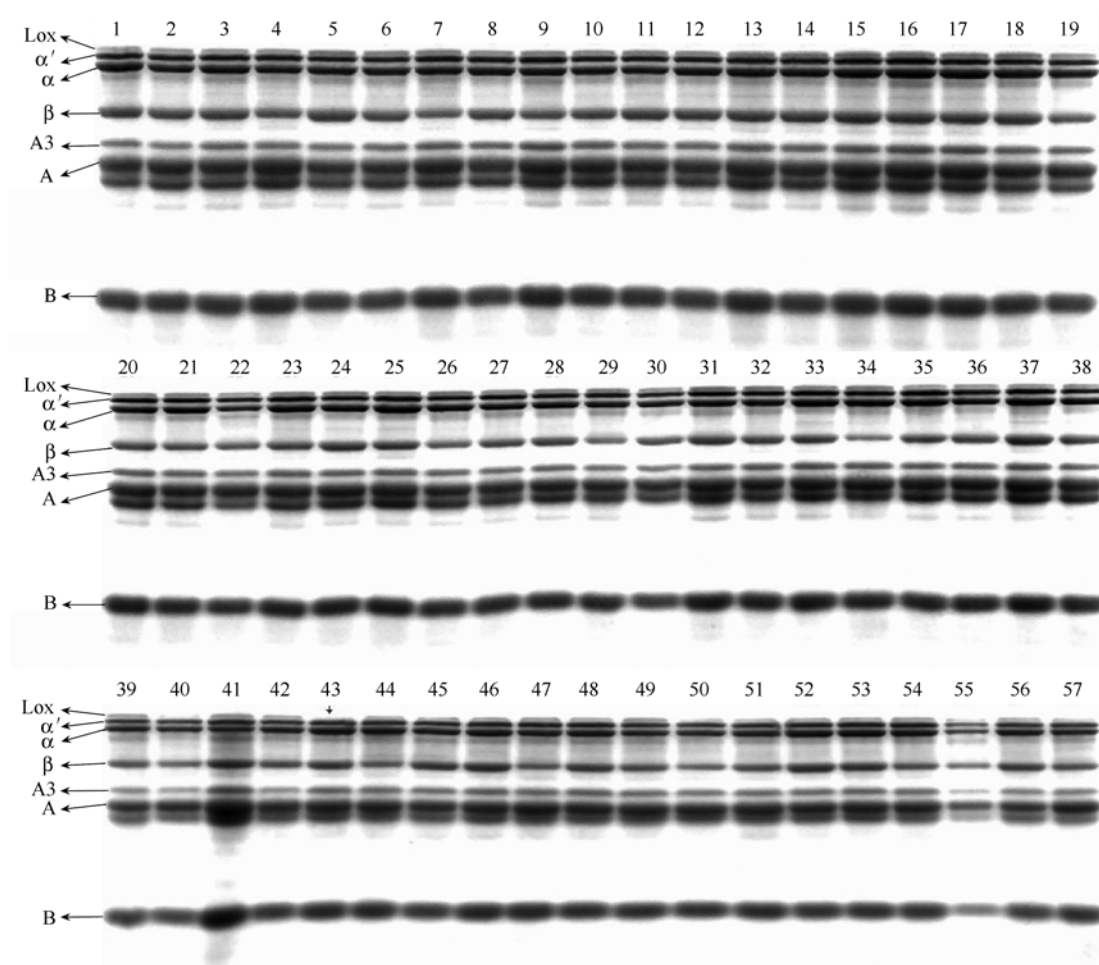


图2 山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基电泳图谱

Fig.2 Electrophoresis bands of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi

表2 11S 和 7S 组分亚基相对含量的变异

Table 2 Variation of relative contents of 11S and 7S subunits

项目 Item	变幅/% Rang of variation	平均数 ± 标准差/% Mean ± Sd	变异系数/% Coefficient of variation
α'	6.24—12.45	9.81 ± 1.32	13.49
α	6.18—13.37	10.58 ± 1.42	13.42
β	7.32—21.71	15.97 ± 2.79	17.46
7S	21.67—40.65	36.32 ± 3.43	9.44
A3	4.52—10.12	7.92 ± 1.29	16.25
AS	7.87—19.40	10.94 ± 1.27	11.61
BS	36.65—51.86	44.76 ± 2.53	5.65
11S	59.35—76.33	63.65 ± 3.28	5.16
11S/7S	1.46—3.45	1.78 ± 0.33	18.55

0.01 水平上均达极显著正相关;总 11S 球蛋白与 α'、α 和 β 亚基在 0.01 水平上达到极显著负相关,与总 7S 球蛋白(−0.998**)为极显著负相关;总 7S 球蛋白与 AS 和 BS 在 0.01 水平上达到极显著负相关;11S/7S 与 7S 球蛋白及亚基均为极显著负相关,与 11S 球蛋白及 AS 和 BS 亚基为极显著正相关,与 A3 亚基相关性不显著。以上结果说明:11S 和 7S 球蛋白相互制约,此消彼长。可以通过增大 11S 球蛋白含量或减少 7S 球蛋白含量的方法来增大 11S 与 7S 的比值,为选育出高 11S 含量的优质大豆品种提供理论依据。相关分析结果表

明大豆球蛋白各成分间相互影响,改变其中任意一种成分都会直接或间接的影响其他成分。

表 3 11S 和 7S 组分亚基相对含量的相关分析

Table 3 Correlation analysis of relative contents of 11S and 7S subunits									
	α'	α	β	7S	A3	AS	BS	11S	11S/7S
α'	1								
α	0.447 **	1							
β	-0.244	-0.138	1						
7S	0.415 **	0.523 **	0.683 **	1					
A3	-0.065	-0.096	0.160	0.064	1				
AS	-0.388 **	-0.407 **	-0.366 **	-0.668 **	-0.296 *	1			
BS	-0.124	-0.229	-0.650 **	-0.696 **	-0.332 *	0.086	1		
11S	-0.404 **	-0.513 **	-0.699 **	-0.998 **	-0.067	0.662 **	0.709 **	1	
11S/7S	-0.446 **	-0.528 **	-0.632 **	-0.984 **	-0.070	0.697 **	0.635 **	0.972 **	1

注:表中 ** 表示在 0.01 水平上显著, * 表示在 0.05 水平上显著

2.5 山西不同生态型大豆种质资源 11S/7S 比值分布分析

由表 2 可知:大豆球蛋白 11S/7S 比值的最大值和最小值分别为 3.45 和 1.46,平均值为 1.78 ± 0.33 ,变异系数为 18.55%。从图 3 和表 4 可以看出,11S/7S 主要分布于 1.50—2.00 之间。其中大于等于 1.50 小于 2.00 的共有 43 份种质,11S/7S 平均值为 1.72,占总资源的 75.44%;小于 1.5 的有 5 份种质,11S/7S 平均值为 1.48,占总资源的 8.77%;大于等于 2.00 小于 2.50 的有 4 份种质,11S/7S 平均值为 2.17,占总资源的 7.02%;大于等于 2.50 的有 2 份种质,11S/7S 平均值为 3.16,占总资源的 3.51%。57 份被检测种质资源中 11S/7S 值最大的是 41 号种质(6001 × 晋品 55),为 3.45,该品系株形紧凑,较晚熟,并可以稳定遗传。而 11S/7S 值最小的是 37 号种质(农科 6 号),为 1.46。总体而言,57 份被检测的种质资源 11S 和 7S 及 11S/7S 比值存在比较大的变异,可为区域大豆种质资源的利用提供依据。

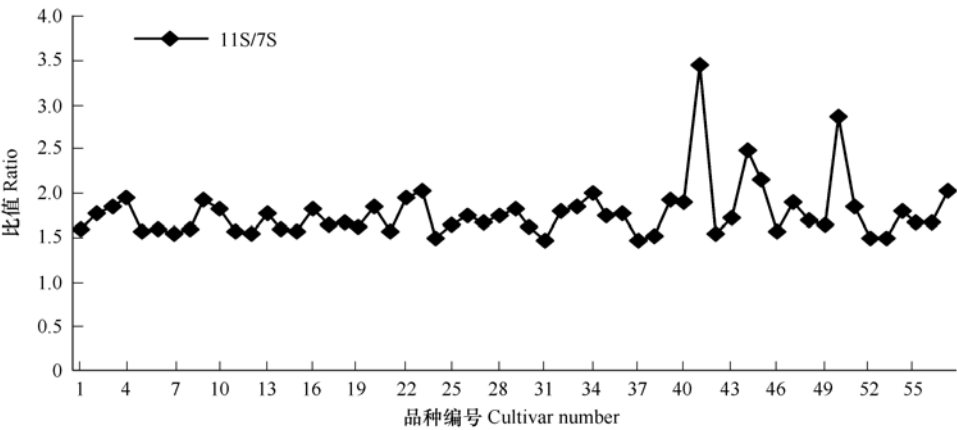


图 3 57 份种质资源 11S/7S 比值
Fig.3 Ratios of 11S/7S in 57 germplasms

表 4 11S/7S 比值的分布

Table 4 Distribution of ratios of 11S/7S			
11S/7S 比值 11S/7S Ratios	种质资源数量 Germplasm quantity	平均比值 Average ratio	百分比 Percentage
11S/7S < 1.50	5	1.48	8.77
1.50 ≤ 11S/7S < 2.00	43	1.72	75.44
2.00 ≤ 11S/7S < 2.50	4	2.17	7.02
11S/7S ≥ 2.50	2	3.16	3.51

2.6 山西不同生态型大豆种质资源 11S 和 7S 组分与蛋白和脂肪含量的相关分析

57 份大豆种质资源蛋白质和脂肪含量统计分析结果列于表 5, 11S 组分和 7S 组分及 11S/7S 比值与蛋白质和脂肪含量相关性列于表 6。结果表明, 被检测的 57 份大豆资源品质性状存在较大差异, 其中蛋白质含量变幅为 38.27%—46.11%, 变异系数为 6.81%, 脂肪含量变幅为 16.90%—23.09%, 变异系数为 4.83%。大豆蛋白 11S、7S、11S/7S 比值与蛋白质和脂肪的含量无显著相关性。这一结果说明通过选择高 11S 和 7S 组分及 11S/7S 比值的种质资源的途径来培育高蛋白或者高脂肪含量的大豆品种的可行性较小。

表 5 57 份大豆种质资源蛋白和脂肪含量的变异

Table 5 Variation of contents of protein and fat in 57 soybean germplasms

项目 Item	变幅/% Rang of variation	平均数 ± 标准差/% Mean ± Sd	变异系数/% Coefficient of variation
蛋白质 Protein	38.27—46.11	42.50 ± 2.89	6.81
脂肪 Fat	16.90—23.09	20.17 ± 0.97	4.83

表 6 11S 和 7S 组分与蛋白和脂肪含量的相关性

Table 6 Correlation between components of 11S, 7S and contents of protein and fat

项目 Item	7S	11S	11S/7S	蛋白质 Protein	脂肪 Fat
7S	1				
11S	-0.998 **	1			
11S/7S	-0.984 **	0.972 **	1		
蛋白质 Protein	-0.004	-0.011	0.050	1	
脂肪 Fat	0.054	-0.050	-0.068	-0.636 **	1

表中 * 表示在 0.01 水平上显著, * 表示在 0.05 水平上显著

2.7 特异大豆种质的发现

在被检测的 57 份不同生态型大豆种质资源中发现了一些在蛋白质亚基组成上具有明显变异的特异大豆种质, 共 4 份, 见表 7。这些特异种质的鉴定不仅为大豆亲本选配提供了信息, 而且可为豆制品加工原料的选择提供参考。特别是 SN-Z420, 该品种是自然变异的脂肪氧化酶缺失材料。蛋白质含量 44.5%, 脂肪含量 20.1%, 无豆腥味。株型紧凑, 中晚熟, 农艺性状与普通品种差异不明显, 能够稳定遗传。

表 7 亚基组成上具有明显变异的特异大豆种质

Table 7 Special soybean germplasms with obvious variation in subunit composition

	品种特征 Variety characters	品种名称 Names of varieties
脂肪氧化酶 Lipoxigenase	脂肪氧化酶极低或缺失	SN-Z420
亚基 Subunit	β 亚基含量较低	吕梁农家种
	A3 亚基含量较低	晋早 125 × 9886083-1
11S/7S	比值最高	6001 × 晋品 55

3 讨论

3.1 关于沉淀大豆贮藏蛋白的 pH 值

在试验过程中发现不同 pH 对同一品种大豆贮藏蛋白的沉淀影响较大, 由于 pH 不同, 可导致蛋白组分亚基含量极低, 极高, 甚至缺失, 使科研工作者产生误判, 而导致试验结果严重偏离实际。所以必须对每份实验材料沉淀贮藏蛋白 pH 值进行严格的控制, 以期得到较为科学的电泳图谱, 为后续电泳图谱的软件分析提供保证, 得到更准确的试验数据。

3.2 山西生态区大豆种质资源蛋白亚基的变异

山西省地处华北平原西部的黄土高原东翼, 地理坐标为北纬 34°34′—40°43′, 东经 110°14′—114°33′, 地貌复杂, 气候生态类型复杂, 导致大豆生态型具有较为明显的遗传多样性。大豆是一种多型性作物, 除有适应

不同土质,不同肥力的各种类型外,还有适应不同地理纬度变化和不同气候栽培的各种生育期类型。大豆种子蛋白质含量及蛋白质组成,在不同品种、不同品系和不同地域间存在较大的变异。大豆品种 11S 和 7S 的含量差异,不仅直接影响蛋白的功能,也直接影响其营养特性,从而影响其应用价值^[14]。本研究通过对山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基组成、亚基相对含量变异、11S/7S 比值及与大豆品质的相关性 4 个方面进行分析,发现某个或某些亚基相对含量的差异可直接导致 11S/7S 比值的不同。得出 11S/7S 比值平均为 1.78 ± 0.33 ,变异幅度为 1.46—3.45,变异系数为 18.55%,具有明显的生态多样性。因此从亚基组成和亚基变异的角度分析山西生态区大豆种质资源的品质状况,进一步明确各亚基在食品加工中的作用具有重要的意义。

3.3 低(无)脂肪氧化酶特异大豆种质资源演变与发掘

山西栽培大豆历史悠久,在这一生态区大豆已被广大农民广为栽培。这一地区蕴藏着丰富的不同生态型大豆种质资源。例如本实验发现的 SN-Z420 资源,就是经自然变异演化而来的脂肪氧化酶缺失特异种质,从品质分析结果可看出,其蛋白质含量 44.5%,脂肪含量 20.1%。株型紧凑,中晚熟,农艺性状与普通品种差异不明显,遗传性状稳定。脂肪氧化酶可催化大豆种子中不饱和脂肪酸的加氧反应,形成过氧化氢衍生物等挥发性物质,能直接与食品中的蛋白质和氨基酸结合,产生豆腥味及苦涩味^[15-16],而且破坏了包括亚麻酸和亚油酸等几种人体必需的脂肪酸,是大豆的抗营养因子。因此,低含量甚至是缺失脂肪氧化酶特异种质的筛选与发掘,将为开发新的豆类食品,进而提高大豆的经济利用价值开创更为广阔的前景。随着大豆品质改良育种的深入研究,选育专用型优质大豆品种已成为大豆品质育种的发展方向。Kitamura^[10]等用 Lox 1 缺失型和 Lox3 缺失型进行杂交,从其后代中选取优异植株再与 Lox3 缺失型和 Lox2 缺失型材料进行杂交,从中获得了 Lox1、Lox3 同时缺失及 Lox3、Lox2 同时缺失的 Suzuyulaka 系列材料。Hajika^[17]等用杂交与辐照诱变相结合的方法获得了 3 种 Lox 同时缺失的材料。脂肪氧化酶缺失对大豆各种农艺性状没有明显的影响^[18-21]。所以先利用常规育种、诱变育种和分子育种相结合的手段选育(筛选)脂肪氧化酶缺失种质,然后与大豆产量和品质性状结合起来进行深入研究,选育出高产、质优、广适的特异大豆新品种,为区域大豆品质改良提供材料。本试验是在 SDS-PAGE 电泳基础上检测到 SN-Z420 资源缺失脂肪氧化酶,还有待于对其 3 种同工酶(L-1、L-2 和 L-3)缺失情况做进一步的鉴定研究。

4 结论

4.1 大豆贮藏蛋白 11S 和 7S 组分亚基相对含量在 57 份种质资源中存在较大变异,其中变异系数最大的为 β 亚基(17.46%),最小的为 BS 亚基(5.65%),除 BS 亚基(5.65%)外,其他亚基变异系数均大于 10%,具有丰富的遗传多样性。

4.2 山西生态区大豆 11S/7S 比值的平均值为 1.78 ± 0.33 ,变异幅度为 1.46—3.45,变异系数为 18.55%。11S/7S 主要介于 1.50—2.00 之间,共有 43 份种质;小于 1.5 的有 5 份种质;介于 2.00—2.50 的有 4 份种质;大于 2.50 的有 2 份种质。

4.3 相关分析表明,各亚基之间、亚基与 11S 和 7S 之间均存在相关关系。11S 与 7S 为极显著负相关($r = -0.998^{**}$)。11S、7S 及 11S/7S 与蛋白质和脂肪之间无相关性。

4.4 检测到 4 份特异种质,分别为 SN-Z420(脂肪氧化酶缺失)、吕梁农家种(β 亚基含量极低)、晋早 125 $\times$ 9886083-1(A3 亚基含量低)和 6001 $\times$ 晋品 55(11S/7S 最高)。为大豆育种者及大豆生产加工企业提供了信息和参考。

致谢:感谢山西农业大学李贵全教授和英国巴斯大学植物分子生物学博士、英国诺丁汉大学资深研究员韩渊怀对本文写作的帮助。

References:

- [1] Zhang M J, Liu M J, Zhao H X. The analysis of 7S and 11S globulin content of soybean landraces in Shaanxi. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26 (1): 187-193.
- [2] Wang L X, Guo S T, Fu C Z, Guan R X, Zhang J S, Chang R Z, Qiu L J. The analysis of 11S/7S in soybean storage protein. *Journal of the*

- Chinese Cereals and Oils Association, 2004, 19 (4): 53-57.
- [3] Guo S T, Meng Y, Zhang X M, Zhang X L, Qi J, Qiu L J, Chang R Z. Analysis of protein subunit composition of chinese soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars and screening of soybean cultivars lacking some subunits. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32 (8): 1130-1134.
- [4] Liu S H, Zhou R B, Gai J Y. A review on the analytical methods of protein components and its subunits and their applications in soybean. *Journal of Henan University of Technology: Natural Science Edition*, 2007, 28 (4): 1-6.
- [5] Utsumi S. Plant food protein engineering. *Advances in Food and Nutrition Research*, 1992, 36:89-208.
- [6] Tan J Z, Lou C F. Study on seed storage protein gene and its genetic transformation in soybean. *Soybean Science*, 2000, 19 (1): 57-62.
- [7] Meng X X. Studies of storage protein in soybean seed. *Journal of Northeast Agricultural University*, 1997, 28 (2): 201-207.
- [8] Cai T, Chang K C. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quantity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47 (2): 720-727.
- [9] Guan R X, Chang R Z, Qiu L J, Liu Z X, Guo S T. Analysis of protein subunit 11S/7S constitution and allergen lacking of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30 (11): 1076-1079.
- [10] Kitamura K. Biochemical characterization of lipoxygenase mutants L-1-less, L-2-less and L-3-less soybean. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1984, 48(9): 2339-2346.
- [11] Xu B, Zou S H, Zhuang B C, Lin Z P, Zhao Y J. Study on seed storage protein component 11S/7S of wild soybean(*G. soja*). *Acta Agronomica Sinica*, 1990, 16 (3): 235-241.
- [12] Mujoo R, Trinh D T, Ng P K W. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *Food Chemistry*, 2003, 82 (2): 265-273.
- [13] Liu C, Wang H L, Cui Z M, He X L, Wang X S, Zeng X X, Ma H. Optimization of extraction and isolation for 11S and 7S globulins of soybean seed storage protein. *Food Chemistry*, 2007, 102 (4): 1310-1316.
- [14] Lu W G, Wang S F, Li W D, Liang H Z, Geng Z, Fan Y Y, Liu Y F, Wang T F, Zhang H, Li J Y. Effects of eco-physiological factors on storage protein 11S/7S ratio in soybean seeds. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38 (5): 1059-1064.
- [15] Wang L Z, Wang J L. *Soybean Genetic and Breeding*, Beijing: Science and Technology Press, 1991: 260-265.
- [16] Xu Z R, Zhang X Z. *Soybean Physiology and Physiological Breeding*. Heilongjiang: Science and Technology Press, 1989: 279-281.
- [17] Hajika M, Igita K, Kitamura K. A line lacking all the seed lipoxygenase isozymes in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] induced by gamma-ray irradiation. *Japanese Journal of Breeding*, 1991, 41 (3): 507-509.
- [18] Ma H, Guan C Y, He X L, Ding A L. Effects of the lacking of the lipoxygenases in soybean seeds on agronomic. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2000, 26(6): 445-448.
- [19] Ma H, Jiang J A, Tian S L, Ding A L. Screening for the lipoxygenase null mutants from soybean germplasm of yangtze river valley and its south region, and genetic analysis of lipoxygenase genes. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2002, 28 (6): 469-473.
- [20] Ma H, Guan C Y, Li K H, Ding A L. Effects of soybean seed lipoxygenase null mutants on seed deterioration. *Chinese Journal of Oil Crop Science*, 2001, 23(3): 16-19.
- [21] Wang C, Croft K P C, Jarlfor U, Hildebrand D F. Subcellular localization studies indicate that lipoxygenases 1 to 6 are not involved in lipid mobilization during soybean germination. *Plant Physiology*, 1999, 120(1): 227-235.

参考文献:

- [1] 张敏娟,刘萌娟,赵惠贤. 陕西省农家种大豆资源 11S 和 7S 球蛋白含量分析. 干旱地区农业探究, 2008, 26(1): 187-193.
- [2] 王丽侠,郭顺堂,付翠真,关荣霞,张其属,常汝镇,邱丽娟. 大豆种子贮藏蛋白 11S 与 7S 组分的研究. 中国粮油学报, 2004, 19(4): 53-57.
- [3] 郭顺堂,孟岩,张雪梅,张晓雷,齐静,邱丽娟,常汝镇. 中国大豆蛋白亚基构成分析与缺失部分亚基的特异大豆品种的筛选. 作物学报, 2006, 32(8): 1130-1134.
- [4] 刘顺湖,周瑞宝,盖钧镒. 大豆蛋白质 11S 和 7S 组分及亚基分析方法的研究述评. 河南工业大学学报:自然科学版, 2007, 28(4): 1-6.
- [6] 谈建中,楼程富. 大豆种子贮存蛋白基因及其遗传转化的研究进展. 大豆科学, 2000, 19(1): 57-62.
- [7] 孟祥勋. 大豆种子贮藏蛋白研究. 东北农业大学学报, 1997, 28(2): 201-207.
- [9] 关荣霞,常汝镇,邱丽娟,刘章雄,郭顺堂. 栽培大豆蛋白亚基 11S/7S 组成及过敏蛋白缺失分析. 作物学报, 2004, 30(11): 1076-1079.
- [11] 徐豹,邹淑华,庄炳昌,林忠平,赵玉锦. 野生大豆(*G. soja*)种子贮藏蛋白组份 11S/7S 的研究. 作物学报, 1990, 16 (3): 235-241.
- [14] 卢为国,王树峰,李卫东,梁慧珍,耿臻,范彦英,刘亚非,王庭峰,张辉,李金英. 大豆籽粒贮藏蛋白 11S/7S 比值与生态因子相关关系的研究. 中国农业科学, 2005, 38(5): 1059-1064.
- [15] 王连铮,王金陵. 大豆遗传育种学. 北京:科技出版社, 1991: 260-265.
- [16] 许忠仁,张贤泽. 大豆生理与生理育种. 黑龙江:科学技术出版社, 1989: 279-281.
- [18] 麻浩,官春云,何小玲,丁安林. 大豆种子脂肪氧化酶的缺失对农艺性状的影响. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2000, 26(6): 445-448.
- [19] 麻浩,江巨鳌,田森林,丁安林. 大豆脂肪氧化酶缺失种质的筛选及脂肪氧化酶的遗传研究. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2002, 28 (6): 469-473.
- [20] 麻浩,官春云,黎克衡. 大豆种子脂肪氧化酶的缺失对种子劣变的影响. 中国油料作物学报, 2001, 23(3): 16-19.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

