

# 石棉县优良核桃种质资源的聚类分析

黄丽媛<sup>1</sup>, 肖千文<sup>1\*</sup>, 孙 垚<sup>1</sup>, 蒲光兰<sup>1</sup>, 孙 权<sup>1</sup>, 程伟丽<sup>1</sup>, 王志勇<sup>2</sup>,  
郑立松<sup>3</sup>, 杨先才<sup>3</sup>, 罗永飞<sup>3</sup>, 张志才<sup>3</sup>

(1. 四川农业大学 林学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川省雅安市林业局, 四川 雅安 625014;  
3. 四川省石棉县林业局, 四川 石棉 625400)

**摘要:** 为准确合理地评价四川省石棉县核桃种质资源, 以三径平均值、风干果质量、仁质量、壳厚、出仁率、粗脂肪、粗蛋白为指标对石棉县调查的 42 个核桃资源材料进行系统聚类分析。结果表明, 资源材料间经济性状差异明显, 42 个资源材料被划分为 4 类: 第 I 类是普通食用核桃, 因其与一般普通核桃相比具有更高的蛋白质含量(13.69%), 故具有较高的营养价值; 第 II 类是薄壳高脂肪核桃, 因其果壳薄、脂肪含量高, 适用于发展油用核桃, 具有较高的经济价值; 第 III 类是小果纸壳核桃, 外形酷似山核桃, 但比山核桃更小巧, 果壳更薄, 可作为一类新品种, 具有良好的发展潜力; 第 IV 类, 高蛋白巨型核桃, 此类核桃兼具果形大与营养价值高的特点, 具有良好的市场竞争力, 经济价值极高。研究结果可为进一步开展核桃种质资源评价和良种选育提供依据。

**关键词:** 核桃; 种质资源; 经济性状; 聚类分析

**中图分类号:** S664.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)11-0104-05

## Cluster Analysis of Walnut Elite Germplasm Resources of Shimian Based on Economic Characteristics

HUANG Li-yuan<sup>1</sup>, XIAO Qian-wen<sup>1\*</sup>, SUN Yang<sup>1</sup>, PU Guang-lan<sup>1</sup>, SUN Qun<sup>1</sup>, CHENG Wei-li<sup>1</sup>,  
WANG Zhi-yong<sup>2</sup>, ZHENG Li-song<sup>3</sup>, YANG Xian-cai<sup>3</sup>, LUO Yong-fei<sup>3</sup>, ZHANG Zhi-cai<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;  
2. The Forest Bureau of Ya'an, Sichuan Province, Ya'an 625014, China;  
3. The Forest Bureau of Shimian, Sichuan Province, Shimian 625400, China)

**Abstract:** In order to assess the situation of walnut germplasm in Shimian of Sichuan province, clustering analysis was conducted based on diameter, per fruit weight, per kernel weight, shell thin, kernel rate, crude lipids, and crude proteins in 42 plus trees. The results showed that rich diversities existed in economic characteristics among the plus tree and the 42 plus tree were clustered into four groups: the group I were common edible walnut which compared to ordinary walnut, has a higher protein content the group(13.69%) and have higher nutritive value. The group II were thin-shell and high-fat walnut which was suitable for the development of the oil with walnut with high economic value due to its thin shell and high fat content. The group III was paper-shell and small size walnut, and like Cathay Hickory in shape, but smaller than Cathay Hickory, thinner shell, and can used as a new class of varieties, with good development potential. The group IV was high-protein huge walnut, both of these walnut-shaped fruit with high nutritional value, has a

收稿日期: 2011-06-13

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2009GB2F000314); 四川省“十一五”林竹育种攻关子项目(2006YZGG-10); 四川农业大学 2010 年科技成果重点转化项目; 四川省雅安市—四川农业大学合作项目

作者简介: 黄丽媛(1986-), 女, 湖南郴州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 经济林培育。E-mail: 20313295@qq.com

\* 通讯作者: 肖千文(1954-), 男, 四川金堂人, 教授, 主要从事经济林培育方面的研究。E-mail: xqw0835@163.com

good market competitiveness and high economic value. The result can be used as a further re- search on germplasm resources evaluation and to select improved variety.

**Key words:** Walnut; Germplasm resources; Economic characteristics; Cluster analysis

核桃(*Juglans regia* L.)古称胡桃或羌桃,属胡桃科(*Juglandaceae*)胡桃属(*Juglans*)植物,是世界四大干果之一<sup>[1]</sup>。核桃仁营养丰富,味道鲜美,具有温肺润肠、润燥化痰、补气养血、健脑益智等功效,是一种集脂肪、蛋白质、糖类、纤维素、维生素等五大营养元素于一体的优良干果类食物<sup>[2]</sup>。脂肪含量高的核桃可以作为油用核桃,通过加工、提炼的核桃油,能有效防治人体胆固醇过高、高血压、糖尿病、肥胖症等疾病,也可作保健饮料,在国际贸易中是重要的出口物质。

石棉县地处我国重要气候分界线——泥巴山以南,泥巴山对气象因子的二次分配,形成了明显的地理气候分界线,气候分异导致物种变异,造就出丰富的种质资源。种质资源是森林培育与林木遗传改良的基础,也是林业可持续发展的基础,而种质资源的分类又是培育新品种和进行遗传改良的基础。在众多分类方法中,系统聚类因能较真实地表现品种的

综合性状,结果较稳定,可为育种取材提供客观依据<sup>[3]</sup>。通过系统聚类分析可以在种质资源分类及良种选育等方面进行较为深入的研究,在核桃种质资源分类方面主要是通过分子标记的方法进行分类,利用经济性状指标进行分类的研究较少。本研究采用系统聚类方法对石棉县调查的 42 个核桃资源材料的 7 个主要经济性状进行分析,以期为石棉县核桃良种选育及种质资源保护提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

通过 2010 年实地走访调查,对石棉县 16 个乡镇的核桃资源和开发利用现状进行了普查,初选出对当地环境具有良好适应性的 42 个资源材料,对其性状进行详细调查,建档保存,并于果熟期每株优树随机抽取样果 2.0 kg 用于主要经济指标分析(表 1)。

表 1 石棉县 42 个核桃资源材料的主要经济性状

编号	三径平均值/cm	风干果质量/g	仁质量/g	壳厚/mm	出仁率/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%
Sm1	3.548	12.083	6.654	0.98	55.24	71.39	13.79
Sm2	3.575	11.313	6.737	1.10	59.72	65.98	16.16
Sm3	3.697	11.846	6.340	1.10	53.46	66.96	16.48
Sm4	3.213	10.774	5.772	1.02	53.48	66.08	12.25
Sm5	3.236	8.791	4.930	0.90	55.96	76.57	14.35
Sm6	3.172	6.503	3.097	1.03	47.64	62.51	14.25
Sm7	3.089	6.554	3.130	1.02	47.75	74.96	12.04
Sm8	4.011	16.620	7.558	1.12	45.13	64.83	14.01
Sm9	3.296	8.710	5.124	0.96	58.97	65.86	15.69
Sm10	2.884	7.854	4.486	1.06	57.32	74.33	12.44
Sm11	4.199	16.288	8.200	0.92	50.44	60.38	14.93
Sm12	3.932	17.937	8.276	1.34	46.00	71.46	14.38
Sm13	4.284	14.839	8.823	1.06	60.69	64.11	11.39
Sm14	3.580	19.176	8.623	1.44	44.96	63.26	16.35
Sm15	3.711	14.112	7.686	0.98	54.47	64.10	14.28
Sm16	3.848	13.321	6.213	1.44	46.65	61.47	11.53
Sm17	3.515	9.211	4.834	0.96	52.46	59.06	14.22
Sm18	3.502	10.465	4.852	1.12	47.90	70.38	11.58
Sm19	3.415	11.854	5.760	1.34	48.63	71.85	11.09
Sm20	3.356	10.351	4.584	1.22	43.87	73.99	12.68
Sm21	3.945	14.021	5.917	1.10	45.05	65.96	12.60
Sm22	3.560	9.128	4.596	1.20	50.31	60.05	17.06
Sm23	3.628	10.868	5.622	1.14	51.50	57.85	12.10
Sm24	3.384	9.400	4.885	1.38	51.65	68.66	12.45
Sm25	3.462	12.362	5.804	1.50	47.11	67.85	14.42
Sm26	3.782	14.766	6.294	1.30	42.80	63.67	11.05
Sm27	2.611	5.553	3.574	0.74	64.60	66.76	11.93

续表 1 石棉县 42 个核桃资源材料的主要经济性状

编号	三径平均值/cm	风干果质量/g	仁质量/g	壳厚/mm	出仁率/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%
Sm28	4.680	22.658	13.120	1.54	58.10	65.97	18.17
Sm29	2.795	6.241	3.038	1.02	48.73	65.57	13.50
Sm30	3.709	14.891	8.389	1.02	56.47	77.17	11.55
Sm31	3.820	14.189	8.354	1.04	58.87	63.71	16.20
Sm32	3.500	9.590	5.335	0.92	55.63	70.32	16.24
Sm33	4.187	11.300	6.861	1.14	60.72	73.61	13.28
Sm34	3.612	13.515	6.639	1.20	49.12	67.58	14.56
Sm35	3.683	13.337	6.418	1.18	48.12	71.98	13.51
Sm36	3.662	13.735	7.236	1.32	52.68	63.85	14.26
Sm37	3.817	14.791	7.789	1.54	52.66	59.85	13.11
Sm38	4.144	15.346	7.373	1.32	48.05	60.74	16.84
Sm39	3.712	14.573	6.690	1.36	45.91	62.91	14.32
Sm40	3.644	11.897	5.894	1.38	49.54	61.77	14.41
Sm41	3.503	10.959	5.565	1.24	50.78	68.77	15.17
Sm42	3.269	9.731	4.401	1.28	45.23	67.62	9.22

1.2 试验区自然概况

石棉县地处四川省西南部,雅安地区南部,贡嘎山南面,大渡河中游,青藏高原的东部边缘,毗邻云贵高原北部。境内山高谷深,山地为主,河流纵横,岭谷相间,海拔 780~5 793 m。该区属于亚热带湿润气候区,具有冬春无严寒,夏秋多雨无酷热的特点,干湿分明,雨量充沛,光照充足。年降雨量 801.3 mm,年均气温 16.9℃。

1.3 测定性状与方法

三径平均值:随机抽取 10 个坚果,用游标卡尺测量腹径、缝径和果高后取三者平均值;风干果质量:自然条件下风干后,随机抽取 10 个坚果,单个称质量取平均值;仁质量:随机抽取 10 个坚果,取仁称质量;壳厚:随机抽取 10 个坚果,用游标卡尺测定壳

厚取平均值;出仁率:按上述方法抽样取仁,分别求出出仁率;粗脂肪含量测定采用索氏提取法<sup>[4]</sup>;粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法<sup>[5]</sup>。

1.4 统计分析

数据分析采用 DPS 6.05 和 SPSS 17.0 统计分析软件。根据选取的 7 个主要经济性状指标进行方差分析、显著性检验及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 核桃主要经济性状的差异显著性

对所测定的经济性状进行方差分析,结果表明,各性状间差异均达极显著水平(表 2),说明试验结果可靠,基本反映出不同单株的遗传差异,因此用这些性状进行聚类分析,能够真实地反映这些单株的表现和分类结果。

表 2 石棉县核桃经济性状的方差分析(F 值)

变异来源	三径平均值/cm	风干果质量/g	仁质量/g	壳厚/mm	出仁率/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%
重复间	2.936	3.895	0.843	2.349	1.466	0.661	4.292
品种间	42.541**	755.429**	333.208**	61.788**	193.130**	94.213**	329.515**

注:\*和\*\*分别表示差异达 0.05 和 0.01 显著水平

2.2 不同核桃资源材料间经济性状的差异

从表 3 可以看出,7 个性状在不同资源材料间的变异程度较高,其中粗脂肪的变异系数最小,为 7.47%,而仁质量的变异系数最大,达 30.36%。风干果质量的变异范围 5.55~22.66 g,平均值为 12.18 g,根据 GB79.7-87《核桃丰产与坚果品质》坚果品质的划分,绝大多数资源材料(83.33%)的风干果质量≥8.8 g,属于优级<sup>[6]</sup>。三径平均值为 3.60 cm,说明参选的资源材料绝大部分果形较大,其中三径平均值大于 3.2 cm 的有 29 株,占总数的 69.05%。出仁率的变异系数较小,为

10.45%,平均值 51.53%,根据 GB79.7-87《核桃丰产与坚果品质》的划分标准属于 1 级品质。壳厚的变异范围 0.74~1.54 mm,根据 GB79.7-87 划分,优级(≤1.1 mm)占总数的 54.76%,1 级(1.2~1.4 mm)占总数的 38.10%,说明所选资源材料基本属于薄壳核桃。粗脂肪的变异范围 57.85%~77.17%,平均 66.71%,明显高于 Joolka 等认为核桃种仁脂肪含量约为 57.83%的结果<sup>[7]</sup>,说明该区的核桃属于高脂肪类核桃。脂肪含量既是核桃重要的品质指标,也是主要的经济技术指标,对于脂肪含量较高的核桃可以作

为油用核桃良种。粗蛋白变异范围 9.22%~18.17%,其中 12%~14%约占总数的 57.14%,与史双枝等认为核桃蛋白质含量约占 14%左右相一致<sup>[8]</sup>。

通过对 42 个资源材料主要经济性状表现的分

析,表明所选资源材料绝大部分坚果三径平均值在 3.2 cm 以上,单果质量 9 g 以上,果壳厚度小于 1.5 mm,出仁率 50%以上,符合 GB79.7-87《核桃丰产与坚果品质》中品质好的要求。

表 3 石棉县核桃经济性状变异参数

性状	极小值	极大值	极差	均值	标准差	变异系数/%
三径平均值/cm	2.61	4.68	2.07	3.60	0.40	11.10
风干果质量/g	5.55	22.66	17.11	12.18	3.59	29.45
仁质量/g	3.04	13.12	10.08	6.23	1.89	30.36
壳厚/mm	0.74	1.54	0.80	1.17	0.19	16.43
出仁率/%	42.80	64.60	21.80	51.53	5.38	10.45
粗脂肪/%	57.85	77.17	19.32	66.71	4.98	7.47
粗蛋白/%	9.22	18.17	8.95	13.81	1.95	14.12

2.3 不同核桃资源材料聚类分析结果

以三径平均值、风干果质量、仁质量、壳厚、出仁率、粗脂肪、粗蛋白 7 个经济性状为指标,采用欧氏距离法计算遗传距离,并采用类平均法进行系统聚类分析,聚类分析结果见图 1,阈值为 19 时将 42 个资源材料划分为 4 类,各群类的特征见表 4。

表 4 核桃不同聚类组别的经济性状特征

性状	第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类	第Ⅳ类
三径平均值/cm	3.61	3.50	2.61	4.68
风干果质量/g	12.42	10.71	5.55	22.66
仁质量/g	6.11	6.17	3.57	13.12
壳厚/mm	1.20	1.03	0.74	1.54
出仁率/%	49.58	57.62	64.62	58.13
粗脂肪/%	66.25	75.42	66.76	65.97
粗蛋白/%	13.69	12.91	11.93	18.17

第Ⅰ类,共有 36 个资源材料,是 4 个类别中数量最大的一类,约占总数的 86%,属于普通优质核桃。这个类别果形较大,三径平均值为 3.61 cm,风干果质量平均值为 12.42 g;蛋白质含量较高,平均 13.69%,仅次于第Ⅳ类的高蛋白巨型核桃;壳厚平均为 1.20 mm。依据 GB79.7-87《核桃丰产与坚果品质》,对此类核桃性状进行对比,并结合风味(香)、色泽(较浅)等要素,可将此类核桃划归于普通优质食用核桃。

第Ⅱ类,共有 4 个资源材料,薄壳高脂肪核桃。它的特点是果壳薄,仅为 1.03 mm,极易取仁;粗脂肪含量极高,为 75.42%;果形较大,风干果质量为 10.71 g,虽然不及第Ⅰ、Ⅳ类,但是依据国标也属于优级;出仁率高(57.62%),风味香,综合各指标得出这类核桃因脂肪含量高适用于发展油用核桃类型,将比普通食用核桃具有更高的经济价值。

第Ⅲ类,共 1 个资源材料,小果纸壳核桃。这类核桃是此次初选所有资源材料中果形最小,果壳最薄。它的突出特点是果形极小,三径平均值为 2.61 cm,风干果质量为 5.55 g,仅为普通核桃风干果质量的一半,比核桃科(Juglandaceae)山核桃属(*Carya nutt*)的薄壳山核桃[*Carya illnoensis*

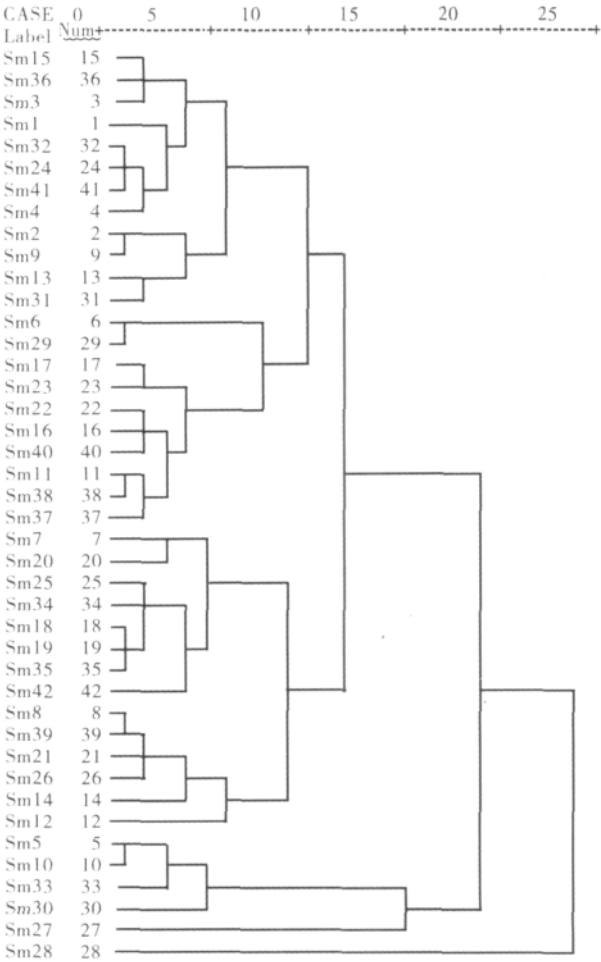


图 1 石棉县 42 个核桃资源材料经济性状聚类分析

(Wangench.) K. Koch] 平均单果质量 (5.64 g) 还小<sup>[9]</sup>, 果壳极薄仅为 0.74 mm, 属于纸壳核桃, 果面完整, 缝合线完全, 取仁极易, 出仁率高达 64.62%, 该核桃非常饱满, 粗脂肪 66.76%, 粗蛋白 11.93%, 种仁颜色黄白色, 坚果色泽较浅, 外形美观, 综合各项性状可以看出, 这是一类极具潜力的核桃, 因为其果形极小、果壳极薄的独特性比一般普通核桃更具有经济价值。

第Ⅳ类, 共 1 个资源材料, 高蛋白巨型核桃。此类核桃果形巨大, 三径平均值为 4.68 cm, 风干果质量 22.66 g, 远高于高焕章等测定的 3 个大果核桃的平均单果质量 17.1 g<sup>[10]</sup>; 仁质量 13.12 g, 是第Ⅰ、Ⅱ类的 2 倍, 是第Ⅲ类的 3.7 倍, 是美国大果核桃圣冷特品种仁质量 (9.9 g) 的 1.3 倍<sup>[11]</sup>。壳厚 1.54 mm, 虽然不属于厚壳核桃, 但是取仁易。出仁率 58.13%, 粗脂肪 65.97%, 粗蛋白含量极高, 为 18.17%, 高于范方宇等<sup>[12]</sup>认为核桃蛋白质含量一般为 14%~17% 的结果, 种仁颜色黄白色, 坚果色泽浅, 外形美观。综合各性状指标, 此类核桃不仅具有优质的营养价值, 更因其果形巨大、美观具有良好的观赏价值。

### 3 结论与讨论

种质资源是作物遗传育种的物质基础, 核桃育种史上的重要突破大多与优良种质资源的发现和利用有关。尽管各种同工酶标记和 DNA 分子标记已经被广泛应用于植物种质资源的鉴定和分类研究, 但是核桃经济性状的研究和描述仍然是种质资源研究的最基本的方法和途径, 因此对核桃主要经济性状的研究, 发掘其优良的基因资源, 对育种和遗传改良具有重大意义。

从研究结果可以看出, 核桃种质资源的不同性状在不同的品种间表现出不同程度的多样性, 其中风干果质量、仁质量、壳厚和蛋白质的变异系数超过 14%, 仁质量的变异系数达到 30.36%。这些丰富的遗传资源对核桃育种具有较大的利用价值, 有利于核桃新品种的选育。通过对石棉县核桃经济性状指标的研究, 还可以看出其种质资源丰富, 不仅有蛋白质含量高、营养丰富的单株, 还有脂肪含量高适用于油用的单株, 以及具有果形极小、果壳极薄等特异性的单株。这些不同性状差异的品种, 为核桃育种工作提供了丰富的材料, 某些具有特异性的品种如高蛋白巨型核桃和小果薄壳核桃可在生产中进一步加强推广和应用。

本研究借助于系统聚类分析方法, 依据 7 个性状指标对 42 个资源材料进行聚类分析, 把 42 个资源材料分成 4 类, 使其性状相近的聚为一类。第Ⅰ类是普通食用核桃, 因其与一般普通核桃相比具有更高的蛋白质含量 (13.69%), 故具有较高的营养价值; 第Ⅱ类是薄壳高脂肪核桃, 因其果壳薄、脂肪含量高, 适用于发展油用核桃类型, 具有较高的经济价值; 第Ⅲ类是小果纸壳核桃, 外形酷似山核桃, 但比山核桃更小巧, 果壳更薄, 可作为一类新品种, 具有良好的发展潜力; 第Ⅳ类, 高蛋白巨型核桃, 此类核桃兼具果形大与营养价值高特点, 具有良好的市场竞争力, 经济价值极高。

通过聚类分析, 明确了石棉县核桃种质资源的不同类型, 根据核桃育种目标可以选择更优的亲本配制组合, 使育种中亲本选配更加合理。同时, 核桃坚果的性状受到基因和环境的共同影响, 要全面掌握 42 个资源材料的遗传差异, 还应结合生化标记和分子标记进行综合评判。

#### 参考文献:

- [1] 吴耕民. 中国温带果树分类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984: 284-286.
- [2] 郝荣庭, 张毅萍. 中国核桃[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 58-59.
- [3] 岳淑芳, 郭世华, 王秀娟, 等. 部分引进小麦品种农艺性状的聚类分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(3): 53-57.
- [4] GB2906-82. 谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1982.
- [5] GB/T 14489.2-93. 油料粗蛋白的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.
- [6] GB79.7-87. 核桃丰产与坚果品质[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [7] Raval M. Quality characteristics of califomia walnuts[J]. Cereal Food World, 1992(37): 64-66.
- [8] 史双枝, 李疆, 王新刚. 核桃蛋白质的开放现状及前景[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(7): 93-94.
- [9] 李永荣, 吴文龙, 方亮, 等. 实生起源的仁用薄壳山核桃优株初步筛选[J]. 技术开发, 2010, 24(2): 84-87.
- [10] 高焕章, 王长斌, 王朝晖, 等. 兴山县 3 个大果核桃株系与优树坚果经济性状分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(15): 4466-4470.
- [11] 高焕章. 中美核桃种质资源简介[J]. 长江大学学报: 自然版, 2005, 25(4): 22-27.
- [12] 范方宇, 王艳萍, 马艳娟, 等. 核桃蛋白质提取工艺[J]. 农产品加工学刊, 2010(5): 13-15.