

雪莲的化学成分与药理作用研究进展^①

王瑛^{a,b} 张本印^a 陶燕铎^a 邵贇^a 梅丽娟^a 王启兰^{②a}

^a(中国科学院西北高原生物研究所 西宁市西关大街 59 号 810008)

^b(中国科学院研究生院玉泉路 19 号 北京市 100049)

摘要 雪莲作为一种珍贵的民族药用植物资源,药用价值很高,具有广阔的应用前景。本研究综述了国内外对雪莲主要化学成分和药理作用方面的研究进展并对雪莲作为民族药用植物资源开发前景进行展望,以及现阶段存在问题进行了探讨,为其进一步研究开发提供参考。

关键词 雪莲;化学成分;药理作用;资源开发

中图分类号:R932

文献标识码:A

文章编号:1004-8138(2013)02-0530-06

1 引言

雪莲属于菊科(*Compositae*)菜蓟族(*Trib. Cynareae. Less*)凤毛菊属(*Saussurea* DC.)植物。我国雪莲植物有 40 多种及 3 个变种,常被用作生药的雪莲植物有 12 种和 1 变种,分布于西藏,青海,新疆,甘肃,云南等地^[1]。雪莲原产于我国,国外分布较少,关于雪莲研究的英文报道也较少。雪莲是高寒地区民间常用的一类名贵中草药,始见于《月王药珍》,清代《本草纲目拾遗》也有记载。雪莲作为传统的中药材,药用历史悠久。其味苦;辛,性热,有毒。具有温肾助阳,祛风胜湿,活血通经,用于腰膝软弱,风湿痹痛,妇女月经不调,必经,宫冷腹痛,寒饮咳嗽等。

2 雪莲的化学成分

雪莲的种类较多,但并非所有种均可同等入药,常被用作生药的雪莲植物有 12 种和 1 变种^[1]。对药材化学成分研究较多的有新疆雪莲(*Saussurea involucrata* Kar. et Kir.),绵头雪莲(*Saussurea laniceps* Hand. -Mazz.),水母雪莲(*Saussurea Medusa* Maxim.),西藏雪莲(*Saussurea tridactyla* Sch-Bip)。本文对这 4 种雪莲已知的化学成分进行比较,从表 1—5 可以看出,4 种雪莲的化学成分存在差异。

表 1 雪莲中黄酮类的比较

化合物名称	水母雪莲	天山雪莲	西藏雪莲	绵头雪莲
芦丁	+	+		
洋芹素	+		+	+
木犀草素	+		+	
高车前素		+		
泽兰黄素		+		
山奈酚		+		
粗毛豚草素	+	+		
槲皮素	+	+	+	
金合欢素		+		+

注释:“+”表示雪莲含有的成分^[2-22]。

① 国家自然科学基金(31101012)

② 联系人,电话:(0971)6117264;E-mail:wql@nwipb.cas.cn

作者简介:王瑛(1987—),女,辽宁省大连市人,硕士,主要从事天然药物化学研究工作。

收稿日期:2012-06-04;接受日期:2012-08-31

表 2 雪莲中黄酮苷类的比较

化合物名称	水母雪莲	天山雪莲	西藏雪莲	绵头雪莲
柯伊利素 7-O-β-D-葡萄糖苷	+			
槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷		+		
槲皮素-3-O-α-L-鼠李糖苷		+		
洋芹素 7-O-β-D-葡萄糖苷	+		+	+
木樨草素 7-O-β-D-葡萄糖苷	+		+	
木樨草素-7-O-α-L-鼠李吡喃糖基(1-2)-葡萄糖吡喃糖苷	+			
洋芹素-7-O-α-L-鼠李糖(1-2)-D-葡萄糖吡喃糖苷	+			
槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷	+		+	
槲皮素 3-O-葡萄糖苷	+			
芹菜素 7-O-葡萄糖苷	+			
芹菜素 7-O-芦丁糖苷	+			
高车前苷	+			
芹菜素-7-O-D-芦丁葡萄糖苷	+			
芹菜素-7-O-β-D-芦丁葡萄糖苷	+			
芹菜素-7-O-β-D-芦丁糖苷			+	
金合欢素-7-O-β-D-芦丁糖苷			+	
芹菜素-7-O-D-芦丁葡萄糖苷				+
芹菜素-7-O-β-D-芦丁葡萄糖苷				+

表 3 雪莲中萜类及其衍生物的比较

化合物名称	水母雪莲	天山雪莲	西藏雪莲	绵头雪莲
11β, 13-二氢去氢木香内酯-8-O-β-D-葡萄糖甙		+		
雪莲内酯		+		
胡萝卜苷		+	+	+
雪莲内酯 8-O-β-D-吡喃葡萄糖苷				+
洋蓟苦素				+
3α, 8α-二羟基-11βH-11, 13-二氢去氢木香内酯				+
川木香内酯				+
3α-羟基-11βH-11, 13-二氢去氢木香内酯 8-O-D-葡萄糖苷				+
香树脂醇				+

表 4 雪莲中木质素类的比较

化合物名称	水母雪莲	天山雪莲	西藏雪莲	绵头雪莲
牛蒡子苷	+		+	
紫丁香苷	+	+	+	+
伞形花内酯-7-O-β-D-葡萄糖苷			+	
东莨菪内酯	+		+	+
伞形花内酯	+		+	+
毘前胡素	+			
蛇床子内酯		+		
佛手内酯		+		
异茴芹内酯		+		
爱得尔庭		+		
叶鞘二醇二乙酸酯		+		
噢洛内酯		+		
花椒香豆素		+		
东莨菪苷				+
异东莨菪素				+

表 5 雪莲中其他类化合物的比较

化合物名称	水母雪莲	天山雪莲	西藏雪莲	绵头雪莲
B-谷甾醇	+	+	+	+
原儿茶酸		+		
香草酸	+			

3 雪莲药理作用

中医学认为它是有效的补肾,祛风寒和除潮气,调整月经和促进血液循环。因而,雪莲被用作类

风湿和妇科疾病的主要用药。现代药理学研究表明雪莲能有效去除自由基,抗疲劳,抗炎,抗癌,免疫调节作用^[23-26]。各种雪莲因其生境的差异,其化学成分有所不同,故其性味,药效也会随之不同,但雪莲通常具有以下几方面药理作用。

3.1 抗辐射损伤作用

苞叶雪莲水提取物中的活性成分对小鼠的生殖细胞有一定程度的防辐射损伤作用,也对辐射损伤小鼠造血系统有促损伤恢复作用,可能与促进骨髓细胞 DNA 损伤修复有关。天山雪莲水提取物对电离辐射产生的羟自由基有显著的清除作用,清除率达到 60%,它还能明显抑制电离辐射所引起的人外周血淋巴细胞染色体畸变的发生率^[27-30]。

3.2 抗疲劳抗缺氧及清除自由基作用

新疆雪莲多糖兼有清除 O_2^- 、抗氧化、降低耗氧量和抗疲劳等作用也能解除疲劳。水母雪莲对血液中 Hb, LDH 和 BUN 及肾组织 SOD, MDA 的影响,均表明水母雪莲具有抗氧化和保护细胞膜结构完整的功能,能明显对抗自由基的产生,阻止细胞膜脂质过氧化,从而提高小鼠的运动能力、增强小鼠运动耐力、抗疲劳和抗氧化的作用。同时,对常压缺氧和组织缺氧小鼠有保护作用,而且对特异性增加心脏耗氧的小鼠能明显延长其生存时间,说明能改善心肌氧的供求。雪莲的抗缺氧作用,改善缺氧状态,为预防和缓解高原缺氧所造成的疾病提供了初步的理论基础。其醇提物通过清除 $-HO^{\cdot}$, O_2^- 及 H_2O_2 发挥抗氧化活性^[31-34]。获得的水母雪莲细胞培养物具有明显的抗氧化活性,其抗氧化活性与雪莲细胞中的黄酮含量相关^[35]。雪莲花水提物通过清除 OH^{\cdot} , 提高超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶活力而发挥抗氧化活性^[36]。雪莲黄酮对大鼠创伤性脑水肿有一定的治疗作用,作用机制可能与其抗脂质过氧化作用有关^[37]。

3.3 抗风湿镇痛及免疫调节作用

天山雪莲培养物 ($150\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 对非特异性免疫功能有一定抑制作用; $300\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的天山雪莲培养物对小鼠迟发超敏反应有抑制作用,对绵羊红细胞所致小鼠特异性抗体生成有增强作用。雪莲注射液在一定浓度范围内可促进 T 淋巴细胞的增殖,但却抑制 B 淋巴细胞的增殖,表明雪莲注射液可促进细胞免疫和抑制体液免疫;对佐剂性关节炎原发性和继发性损害均有抑制作用,表明雪莲注射液有良好的抗炎和免疫调节功能^[38,39]。

3.4 抗炎抑菌作用

其主要成分黄酮总甙具有抗炎、镇痛、消肿的作用,直接对抗炎性介质,改善关节的内环境,改善微血管状态,降低毛细血管通透性,减少渗出,消除滑膜及周围组织炎症^[40]。雪莲总黄酮对巨噬细胞分泌 TNF- α 影响的研究表明降低 TNF- α 含量是雪莲总黄酮发挥抗炎作用的一个重要机制。复方雪莲烧伤膏有明显抑制二甲苯所致小鼠耳部炎症的作用,尤以 25% 复方雪莲烧伤膏效果最佳,其抗炎强度与阳性对照药皮炎平的抗炎强度等效^[41]。

3.5 抗肿瘤

通过体外培养 [3H]TdR 掺入法观察到天山雪莲黄酮类化合物 4',5,7-三羟基 3',6-二甲氧基黄酮和粗毛豚草素,均可明显抑制腹水型肝癌和肉瘤 S180 癌细胞的 DNA 合成。二者对腹水型肝癌细胞 DNA 合成的 ID50 为 $70.8\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $116\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 高于对肉瘤 S180 的抑制^[25,42,43]。

3.6 终止妊娠作用

中药雪莲水煎服与腹腔注射,对小鼠各个时期的妊娠及兔的早期妊娠都有终止作用,效果确实而显著^[44]。

4 展望及问题

4.1 展望

西南、西北各地植物志有部分记载,雪莲共有28种1变种。随着雪莲药用价值的发现其用量增大,资源大大减少,目前雪莲已濒危,资源贮量下降。已被列为国家三级濒危物种。由于野生雪莲花资源的匮乏,因此寻找雪莲花的资源植物、进行组织培养和栽培有重要意义。赵德修等对雪莲的组织培养进行了研究,为雪莲的资源保护及广泛使用做了重要的贡献。目前已经在西藏及四川等地成功建立了雪莲花的GAP生产基地。这些对雪莲花民族药研究有较大的推动作用。

雪莲今后的研究重点将放在活性成分的深入研究及具抗癌、辐射损伤修复、免疫活性化合物的应用开发。目前,对雪莲的药理学研究还是初步的,尤其是较有前景的抗辐射功能,雪莲由于其特殊的生境——生长于高原天然高辐射环境中,有存在天然高原抗辐射活性成分的可能。但雪莲的抗辐射研究报道并不多,现阶段的抗辐射除了日常生活中的手机电脑辐射外,还有较为严重的核辐射等,那么对辐射损伤的研究必将成为一个热点,可推测未来几年中雪莲抗辐射药理研究将成为藏药资源研究领域的一个新亮点。这些研究工作对于雪莲民族药走向世界,提高中国传统药物研究水平,意义是重大的。

同时,雪莲这种高原植物,主要分布在海波3000m以上的高寒地带,其生境具有高寒,低氧,强紫外线等特点,若能从遗传学及分子生物学角度,探究出其适应机制以及特定的抗性基因,分离纯化出特有的活性成分,开发雪莲的新一代药物,充分有效的利用雪莲资源,有益于人类健康生活;筛选出的抗性基因,利用生物工程技术进行分子遗传育种工作,培育出抗逆性强的农作物新品种,获得较大的经济效益。

4.2 问题

虽然已经有一些药理药效的研究,但大部分的研究都是基于粗体物药效研究,并不是非常确定究竟是那一种成分在起主要作用。雪莲的药用价值很高,应用前景十分广阔应该加强对其活性成分的深入研究,以发挥其更积极的作用。由于雪莲野生资源十分有限,我们在开发的同时也应积极的保护,雪莲人工栽培的实现对其保护起到了积极的作用。然而人工栽培的雪莲,由于与野生雪莲生境的差异,其化学成分及其含量也有差异,这些差异是否会给其药用价值带来影响还需进一步探究。众所周知,植物中化学成分的改变就会导致不同的药效水平。因此,对药用植物的质量评估是很重要的,目前,雪莲的化学成分芦丁和绿原酸已经列入中国药典。

参考文献

- [1] 全国中草药汇编编写组. 全国中草药汇编[M]. 北京:人民卫生出版社,1997. 758—761,889—890.
- [2] Dawa Z, Bai Y, Zhou Y *et al.* Chemical Constituents of the Whole Plants of *Saussurea medusa*[J]. *Journal of Natural Medicines*, 2009, **63**(3):327—330.
- [3] Wang H B, Chu W J, Li G R *et al.* Chemical Constituents of *Saussurea laniceps*[J]. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 2008, **6**(5):357—360.
- [4] 贾忠建, 费厚满, 李瑜等. 水母雪莲化学成分研究(I)[J]. *高等学校化学学报*, 1986, **7**(9):789.
- [5] 贾忠建, 官尼春, 杜技. 水母雪莲化学成分研究(II)[J]. *高等学校化学学报*, 1989, **11**(2):202—204.
- [6] Gao M, Liu C Z. Comparison of Techniques for the Extraction of Flavonoids from Cultured Cells of *Saussurea medusa Maxim*[J]. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2005, **21**(8):1461—1463.
- [7] 李菁, 侯苑茗, 葛发欢. 水母雪莲花超临界CO₂萃取物化学成分研究[J]. *中药材*, 2002, **25**(10):718—719.
- [8] 于瑞涛, 梅丽娟, 陶燕铎等. RP-HPLC法测定水母雪莲中芦丁的含量[J]. *分析试验室*, 2010, **29**(5):407—409.

- [9] 于瑞涛,梅丽娟,陶燕铎等. RP-HPLC 法测定水母雪莲中木樨草素的含量[J]. 分析实验室, 2010, **29**(5):438—440.
- [10] 于瑞涛,梅丽娟,陶燕铎等. HPLC-DAD 法测定水母雪莲中牛蒡子苷元含量[J]. 药物分析杂志, 2010, **30**(2):294—296.
- [11] 杨峻山,谢凤指,刘庆华等. 新疆雪莲的香豆素类化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2006, **41**(23):1774—1776.
- [12] 王春兰,杨峻山,肖培根. 新疆雪莲化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2007, **32**(2):162—163.
- [13] 李燕,郭顺星,王春兰等. 新疆雪莲黄酮类化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2007, **42**(8):575—577.
- [14] 侯朋艺,黄健,孙博航等. 新疆雪莲化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2011, **228**(2):120—123.
- [15] Yu R T, Mei L J, Tao Y D *et al.* Dynamic Microwave-Assisted Extraction of Arctigenin from *Saussurea medusa* Maxim[J]. *Chromatographia*, 2010, **71**(3):335—339.
- [16] Li Y, Wang C L, Guo S G *et al.* Three Guaianolides from *Saussurea involucreta* and Their Contents Determination by HPLC[J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2007, **44**(1):288—292.
- [17] 任玉琳,杨峻山. 西藏雪莲花化学成分的研究 I [J]. 中国药学杂志, 2001, **36**(9):590—593.
- [18] 任玉琳,杨峻山. 西藏雪莲花化学成分的研究 II [J]. 中国药学杂志, 2000, **35**(11):736—738.
- [19] 任玉琳,杨峻山,陈建民. 西藏雪莲花化学成分的研究 III [J]. 中国药学杂志, 2001, **36**(11):732—734.
- [20] 郑尚珍,余建华,沈序堆. 雪兔子的化学成分[J]. 高等学校化学学报, 1991, **11**(12):1613—1616.
- [21] 达娃卓玛,周燕,白央,等. 绵头雪莲花的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2008, **33**(9):1032—1035.
- [22] Yi T, Chen H B, Zhao Z *et al.* Comparative Analysis of the Major Constituents in the Traditional Tibetan Medicinal Plants *Saussurea laniceps* and *S. medusa* by LC-DAD-MS[J]. *Chromatographia*, 2009, **70**(9):957—962.
- [23] Cheng Q F, Yue J M. Biologically Active Phenols from *Saussurea medusa*[J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2003, **11**(5):703—708.
- [24] Duan H, Takaishi Y, Momota H *et al.* Immunosuppressive Constituents from *Saussurea Medusa*[J]. *Phytochemistry*, 2002, **59**(1):85—90.
- [25] 韩书亮. 大苞雪莲四种成分抗癌作用研究[J]. 癌变·畸变·突变, 1995, **7**(2):80—83.
- [26] State Pharmacopoeia Committee of the People's Republic of China. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China, Part I*[M], Beijing: People's Medical Publishing House, 2005. 36—37.
- [27] 郭娜,李文辉,张国良等. 苞叶雪莲水提取物对小鼠生殖细胞辐射防护作用的研究[J]. 中国辐射卫生, 2010, **19**(4):394—396.
- [28] 毕良文,李文辉,段伟等. 苞叶雪莲水提取物对辐射损伤小鼠防护作用的研究[J]. 现代肿瘤医学, 2009, **17**(7):1218—1221.
- [29] 高博,梁中琴,顾振纶. 天山雪莲水提取物抗辐射损伤作用的机理研究[J]. 江苏医药, 2003, **29**(1):17—19.
- [30] Jia J M, Wu C F, Yu H, *et al.* Anti-radiation Activity of the Tissue Culture of *Saussurea involucreta* Kar. et Kir[J]. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 2005, **22**(6):444—449.
- [31] 郑荣梁,刘光顺,邢光新等. 大苞雪莲花多糖清除自由基及抗疲劳作用[J]. 中国药理学, 1993, **14**(增刊):47—49.
- [32] 刘春兰,邓义红,钟婷婷等. 西藏雪莲多糖初步分离和清除自由基活性研究[J]. 北京农学院学报, 2007, **22**(1):5—8.
- [33] 王利彦,陈湘宏,车胜荣. 雪莲的抗缺氧研究[J]. 高原医学杂志, 2003, **13**(3):30—31.
- [34] 高湘,张振明,许爱霞等. 雪莲花醇提取物对大鼠组织和红细胞的抗氧化活性[J]. 中国药学杂志, 2005, **40**(14):1062—1065.
- [35] 刘永刚,高敏,崔建云等. 水母雪莲细胞悬浮培养合成黄酮及抗氧化活性[J]. 西北植物学报, 2005, **25**(7):1421—1427.
- [36] 张振明,葛斌,许爱霞等. 雪莲花水提取物的抗氧化活性及其机制[J]. 第二军医大学学报, 2005, **26**(5):568—570.
- [37] 吴明,雷万生,朱炯明等. 雪莲黄酮对大鼠创伤性脑水肿的治疗作用及其机制的初步研究[J]. 中国临床神经外科, 2006, **11**(3):157—159.
- [38] 陶海英,黄华,侯桂萍等. 雪莲注射液抗大鼠佐剂型关节炎和免疫调节作用[J]. 中药新药与临床药理, 2007, **18**(4):269—273.
- [39] 贾景明,吴春福. 天山雪莲培养物对小鼠免疫功能的影响[J]. 中华中医药杂志, 2007, **24**(4):238—241.
- [40] 任芳. 雪莲注射液防治骨关节炎的作用及其机制探讨[D]. 武汉:湖北中医学院, 2008.
- [41] 蔡绍晖,唐琼,陈嘉钰等. 复方雪莲烧伤膏促创面愈合、抗炎作用研究[J]. 中成药, 1999, **21**(5):243—245.
- [42] Takasaki M. Antitumor-Promoting Activity of Lignans from the Aerial Part of *Saussurea Medusa*[J]. *Cancer Letters*, 2000, **158**(1):53—59.
- [43] Yi T, Zhao Z Z, Yu Z Y, *et al.* Comparison of the Anti-Inflammatory and Anti-Nociceptive Effects of Three Medicinal Plants Known as "Snow Lotus" Herb in Traditional Uighur and Tibetan Medicines[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, **128**(2):405—411.
- [44] 林秀珍,王国祥. 雪莲多糖对离体大鼠子宫的作用[J]. 药学报, 1986, **21**(3):220—222.

Advances on Chemical Compositions and Pharmacological Effects of *Saussurea involucreata*

WANG Ying^{a,b} ZHANG Ben-Yin^a TAO Yan-Duo^a SHAO Yun^a MEI Li-Juan^a WANG Qi-Lan^a

^a(Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, P. R. China)

^b(Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China)

Abstract *Saussurea involucreata*, as a precious plant resource of ethnic drug, has wide application prospects for its high medicinal values. This paper summarized the advances in its chemical compositions and pharmacological effects researches at home and abroad, as well as the prospects and existing problems of *Saussurea involucreata* as national medicinal plant resources, so as to provide a reference for further development.

Key words *Saussurea Involucreata*; Chemical Composition; Pharmacological Effect; Resource Development

欢迎参观《北京天科邮票展览馆》

《北京天科邮票展览馆》由《科学家纪念邮票展览馆》、《陆达纪念馆》和《卢嘉锡纪念馆》等 3 部分组成,是本刊兴办的公益性企业,免费参观。在北京市工商行政管理局注册号为:110229009367903;北京市质量技术监督局颁发的组织机构代码为:78616185X;北京市国家税务局和北京市地方税务局颁发的税务登记证号为:11022978616185X;中国人民银行颁发的开户许可证核准号为:J1000047864702;开户行为:北京市农商银行夏都支行,账号:1403000103000010416。国有土地使用证的证号为:京延国用(2002 出)字第 283 号;房屋所有权的证号为:京房权证证私字第 09140 号;社会保险登记证号为社险京字 110229010052。

《科学家纪念邮票展览馆》展品内容:古今世界各国发行的、有关科学家或他们的发明创造的纪念邮票(复印件),大小为 210×297mm(A4 纸),共有 529 件。其中 190 位科学家为诺贝尔奖得主。每件展品均附有本馆编辑的有关科学家的简介,并如实叙述一些科学家的学术观点,仅供参考。

《陆达纪念馆》展品内容:1. 纪念陆达同志(代序,王鹤寿);2. 陆达传略;3. 《陆达纪念馆》照片目录;4. 《陆达纪念馆》照片(共 35 张);5. 《陆达纪念馆》(后语,周开亿)。

《卢嘉锡纪念馆》展品内容:1. 伟人已逝 风范长存——纪念卢嘉锡先生(章振乾);2. 卢嘉锡生平;3. 《卢嘉锡纪念馆》照片目录;4. 《卢嘉锡纪念馆》照片(共 65 张);5. 《卢嘉锡纪念馆》(后语)(《光谱实验室》编辑部)。

3 馆展品内容已分别在《光谱实验室》2007 年第 1 期、2008 年第 1 期和 2009 年第 1 期刊登并出有单行本。

参观须知:1. 参观者应当具有高中(含)以上文化程度;2. 地址:北京市延庆县刘斌堡乡刘斌堡村东,刘斌堡乡中心小学东侧;3. 展厅面积 300 平方米;绿化面积 3000 平方米;4. 馆内禁止吸烟,禁止触摸展品;保持清洁卫生,爱护花木和陈设;每人入馆时间不得超过 2 小时;5. 赴馆乘车路线:北京德胜门乘 919 路公交车到终点站(延庆站,快车 12 元,1 小时 30 分;慢车 8 元,有“一卡通”者 4 折),再乘 920 路公交车或小面包车到“刘斌堡东”站,下车即到(5 元,25 分钟);6. 参观者请 1—3 日前电话预约登记,联系电话:(010)62183031;52513126;13716729706。

注:陆达,钢铁研究总院前院长;卢嘉锡,中国科学院前院长;王鹤寿,原冶金工业部部长,第一届中共中央纪律检查委员会副书记;章振乾,福建省民盟名誉主委、厦门大学原教务长。

《光谱实验室》编辑部