



重金属污染土壤的 植物修复资源

**Plant Resources for Phytoremediation of
Heavy Metal Contaminated Soils**



——— 徐正浩 徐建明 朱有为 著 ———



科学出版社

**Plant Resources for Phytoremediation of
Heavy Metal Contaminated Soils**

重金属污染土壤的 植 物 修 复 资 源



————— 徐正浩 徐建明 朱有为 著 —————

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了200多种污染土壤的植物修复资源,重点从中文名、拉丁学名、中文异名、英文名、分类地位、形态学鉴别特征、生物学特性、生境特征、分布状况、传播扩散特性、修复特性等11项内容介绍了污染土壤修复植物的基本情况和应用前景,每种物种都配有不同生育期的原色图谱。

本书可作为从事相关专业的研究人员、推广人员和管理人员的参考用书。由于采用了图文并茂的方式,有的物种还有生境图片,使得其可读性很强,因此,也适合广大普通人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

重金属污染土壤的植物修复资源 / 徐正浩, 徐建明, 朱有为著. — 北京: 科学出版社, 2018.12

ISBN 978-7-03-059916-2

I. ①重… II. ①徐… ②徐… ③朱… III. ①土壤污染—重金属污染—修复—研究 IV. ①X53

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第269093号

责任编辑: 万 峰 朱海燕 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 肖 兴 / 书籍设计: 北京美光设计制版有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京华联印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年12月第 一 版 开本: 787×1092 1/8

2018年12月第一次印刷 印张: 94

字数: 2 300 000

定价: 698.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



PREFACE / 前言

1848年, Minguzzi C 等分析测定了一种生长于富镍土壤中的南庭芥属 (*Aubrieta* Adans.) 植物的植株体镍含量, 其中叶片中镍含量为 1%。1977年, Brooks RR 等首先提出超积累植物 (hyperaccumulator) 的概念, 后人也有采用 “accumulator”, 以及 “metalaccumulating plant” 等英文名, 但多数以 hyperaccumulator 和 hyperaccumulator plant 等进行表述。1983年, Channey RL 提出植物修复 (phytoremediation) 的思想, 由此世界范围的污染土壤植物修复研究和应用蓬勃展开, 污染土壤植物修复资源不断被挖掘, 相关机理不断被揭示, 各种生态修复应用模式也不断付诸于实践。

超积累植物, 即能超量吸收和积累重金属的植物, 其体内重金属含量通常为普通植物的 100 倍或以上, 积累的铬 (Cr)、钴 (Co)、镍 (Ni)、铜 (Cu)、铅 (Pb) 含量达 1000mg/kg 或以上, 积累的锰 (Mn)、锌 (Zn) 含量达 10000mg/kg 或以上, 积累的镉 (Cd) 达 100mg/kg 或以上, 同时, 地上部积累的含量为根积累量的 1 倍以上 (转运系数, $S/R > 1.0$)。再则, 这类植物在重金属污染土壤生长良好, 不产生毒害, 植物体内积累的重金属含量大于污染土壤中的重金属含量, 即富集系数大于 1.0。

Baker AJM 依据植物吸收、转移、积累重金属的机制, 将植物划分为积累型 (超积累型)、指示型 (敏感型) 和排斥型。一些对重金属具有很强耐性的植物, 并不一定是超积累植物, 而属于排斥型或钝化型。

目前, 世界上发现的超积累植物达 500 种以上, 涉及的重金属元素有镉、铜、铅、镍、锰、砷、锌、汞等, 其中镍超积累植物占 70% 以上。通常, 在重金属污染区块采样获得的超积累植物植株矮小, 生物量低, 生长缓慢, 且地域性强, 很大程度上限制了这些特色植物的实际应用。

许多超积累植物是通过原生态区块采集到植物标本, 再经试验证实, 明确其超积累特性。近 10 多年来, 一些学者利用盆栽试验筛选获得超积累植物, 因此, 研究获得的超积累植物数量增长很快。试验研究的植物, 从以往主要采集尾矿等重金属污染土壤区块, 拓展到污染农田等生境区块, 研究的植物从灌木、草本为主, 演变为木本、草本花卉、农作物等, 并在农作物中筛选不同重金属耐性的品种、品系或材料等, 从而极大丰富了超积累植物、耐性植物、适应植物的内涵, 也使得一些植物既赋予超积累的特性, 也拥有敏感类型种类的特性, 研究获得的超积累、耐性、适应植物材料, 对不同类型的重金属污染土壤提供了更为广泛的研究材料, 并将研究不断引向深入。

著作收录了作者拥有数码图片的重金属污染土壤的植物修复资源, 多数植物的数码图谱直接拍摄于矿区、重金属污染农田区块等, 一些植物还配有生境的数码图谱, 更便于读者鉴赏和

CONTENTS / 目录

前言

第一篇 重金属超积累植物修复资源

第1章 镉污染土壤超积累植物资源

1 龙葵 <i>Solanum nigrum</i> Linn.	004
2 水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> Linn.	008
3 牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	012
4 野苘蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore	016
5 稻槎菜 <i>Lapsanastrum apogonoides</i> (Maxim.) Park et K. Bremer	020
6 藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i> Linn.	024
7 风花菜 <i>Rorippa globosa</i> (Turcz.) Hayek	028
8 忍冬 <i>Lonicera japonica</i> Thunb.	032
9 苋 <i>Amaranthus tricolor</i> Linn.	036
10 芸薹 <i>Brassica rapa</i> Linn. var. <i>oleifera</i> (DC.) Metzg.	040
11 蔓长春花 <i>Vinca major</i> Linn.	044
12 红果黄鹌菜 <i>Youngia erythrocarpa</i> (Vaniot) Babcock et Stebbins.	046
13 猪殃殃 <i>Galium aparine</i> Linn. var. <i>tenerum</i> (Gren. et Godr.) Rchb.	050
14 鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> Linn.	054
15 羽叶鬼针草 <i>Bidens maximowicziana</i> Oett.	058
16 厚皮菜 <i>Beta vulgaris</i> Linn. var. <i>cicla</i> Linn.	062
17 紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i> Linn.	066
18 地果 <i>Ficus tikoua</i> Bur.	070
19 花叶滇苦菜 <i>Sonchus asper</i> (Linn.) Hill	072
20 万寿菊 <i>Tagetes erecta</i> Linn.	076
21 孔雀菊 <i>Tagetes patula</i> Linn.	078

第2章 铜污染土壤超积累植物资源

1 鸭跖草 <i>Commelina communis</i> Linn.	082
2 海州香薷 <i>Elsholtzia splendens</i> Nakai ex F. Maekawa	086
3 紫花香薷 <i>Elsholtzia argyi</i> Lévl.	088
4 蓖麻 <i>Ricinus communis</i> Linn.	092

15 球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	210
16 蕺菜 <i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	214
17 曼陀罗 <i>Datura stramonium</i> Linn.	216
18 野胡萝卜 <i>Daucus carota</i> Linn.	218
19 苦草 <i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	222
20 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> Linn.	226
21 木槿 <i>Hibiscus syriacus</i> Linn.	228
22 日本珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i> Ker Gawl.	232
23 海桐 <i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T.Aiton	236
24 桑 <i>Morus alba</i> Linn.	240
25 黄蜀葵 <i>Abelmoschus manihot</i> (Linn.) Medicus	244

第 10 章 铜污染土壤耐性植物修复资源

1 酸模 <i>Rumex acetosa</i> Linn.	248
2 头花蓼 <i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) H.Gross	252
3 羊蹄 <i>Rumex japonicus</i> Houtt.	254
4 酸模叶蓼 <i>Persicaria lapathifolia</i> (Linn.) Delarbre	258
5 节节草 <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	262
6 井栏边草 <i>Pteris multifida</i> Poir.	266
7 蕨 <i>Pteridium aquilinum</i> (Linn.) Kuhn var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Underw. ex Heller	268
8 苎麻 <i>Boehmeria nivea</i> (Linn.) Gaud.	270
9 蝇子草 <i>Silene gallica</i> Linn.	274
10 无心菜 <i>Arenaria serpyllifolia</i> Linn.	278
11 狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (Linn.) Beauv.	282
12 香根草 <i>Chrysopogon zizanioides</i> (Linn.) Roberty	286
13 白茅 <i>Imperata cylindrica</i> (Linn.) P.Beauv.	288
14 芒 <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	292
15 荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Franch.	296
16 芦苇 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	298
17 蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand.-Mazz.	302
18 猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	306
19 艾 <i>Artemisia argyi</i> H.Lév. et Vaniot	310
20 菊芋 <i>Helianthus tuberosus</i> Linn.	314
21 莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i> (Linn.) R.Br. ex DC.	318
22 紫萍 <i>Spirodela polyrhiza</i> (Linn.) Schleid.	322
23 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> Linn.	326
24 萱草 <i>Hemerocallis fulva</i> (Linn.) Linn.	328
25 吉祥草 <i>Reineckia carnea</i> (Andr.) Kunth	332

第 11 章 铬污染土壤耐性植物资源

1 菰 <i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Turcz. ex Stapf	338
---	-----

2 芦竹 <i>Arundo donax</i> Linn.	342
3 硬毛地笋 <i>Lycopus lucidus</i> Turcz. var. <i>hirtus</i> Regel	346
4 落花生 <i>Arachis hypogaea</i> Linn.	350

第 12 章 锰污染土壤耐性植物资源

1 空心泡 <i>Rubus rosaefolius</i> Smith	356
2 再力花 <i>Thalia dealbata</i> Fraser ex Roscoe	358
3 梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i> Linn.	362
4 花叶芦竹 <i>Arundo donax</i> ‘Versicolor’	364
5 欧洲夹竹桃 <i>Nerium oleander</i> Linn.	366
6 截叶铁扫帚 <i>Lespedeza cuneata</i> (Dum.-Cours.) G.Don	370
7 荭蓼 <i>Persicaria orientalis</i> (Linn.) Spach	374
8 葛 <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	378
9 牡荆 <i>Vitex negundo</i> Linn. var. <i>cannabifolia</i> (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz.	382
10 喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	386
11 六月雪 <i>Serissa japonica</i> (Thunb.) Thunb.	390

第 13 章 锌污染土壤耐性或积累植物资源

1 垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i> Bunge	396
2 愉悦蓼 <i>Polygonum jucundum</i> Meisn.	398
3 长鬃蓼 <i>Persicaria longiseta</i> (Bruijn) Kitagawa	402
4 野菊 <i>Dendranthema indicum</i> (Linn.) Des Moul.	406
5 白花败酱 <i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss.	410
6 大藻 <i>Pistia stratiotes</i> Linn.	414

第 14 章 砷污染土壤耐性或积累植物资源

1 五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i> (Lab.) Warb. ex Schum. et Laut.	418
2 糯米团 <i>Gonostegia hirta</i> (Blume) Miq.	422
3 过路黄 <i>Lysimachia christinae</i> Hance	426
4 大吴风草 <i>Farfugium japonicum</i> (Linn.) Kitam.	430

第 15 章 铅污染土壤耐性植物资源

1 类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i> (Kunth) Keng ex A.S.Hitchc.	436
2 苇状羊茅 <i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	440
3 双穗雀稗 <i>Paspalum paspaloides</i> (Michx.) Scribn.	444
4 黑麦草 <i>Lolium perenne</i> Linn.	446
5 毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i> (Carrière) J. Houz.	450
6 香附子 <i>Cyperus rotundus</i> Linn.	454
7 紫罗兰 <i>Matthiola incana</i> (Linn.) W.T.Aiton	458
8 白背黄花稔 <i>Sida rhombifolia</i> Linn.	460
9 瓜叶菊 <i>Pericallis hybrida</i> B.Nord.	464

10 黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> (Linn.f.) Royle	468
11 凤眼蓝 <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	470
12 鸢尾 <i>Iris tectorum</i> Maxim.	472
13 藜 <i>Chenopodium album</i> Linn.	476
14 复羽叶栎树 <i>Koelreuteria bipinnata</i> Laxm.	480

第 16 章 汞污染土壤耐性植物资源

1 垂柳 <i>Salix babylonica</i> Linn.	486
2 金丝垂柳 <i>Salix alba</i> 'Tristis'	490
3 旱柳 <i>Salix matsudana</i> Koidz.	494
4 水莎草 <i>Juncellus serotinus</i> (Rottb.) C.B.Clarke	496
5 旱稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (Linn.) P.Beauv.	500
6 互花米草 <i>Spartina alterniflora</i> Lois.	502
7 搜疏 <i>Deutzia scabra</i> Thunb.	504
8 珙桐 <i>Davidia involucrate</i> Baill.	508
9 牵牛 <i>Ipomoea nil</i> (Linn.) Roth	510

第 17 章 其他重金属污染土壤耐性植物资源

1 芒萁 <i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.) Underw.	516
--	-----

第三篇 重金属潜在植物修复资源

第 18 章 潜在超积累植物修复资源

1 天胡荽 <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> Lam.	524
2 苦蕒 <i>Physalis angulata</i> Linn.	526
3 半边莲 <i>Lobelia chinensis</i> Lour.	530
4 鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i> (Linn.) Linn.	532
5 苍耳 <i>Xanthium strumarium</i> Linn.	536
6 野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i> DC.	538
7 玉蜀黍 <i>Zea mays</i> Linn.	542
8 构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> (Linn.) L' Hér. ex Vent.	546
9 加杨 <i>Populus × canadensis</i> Moench	550
10 珠芽景天 <i>Sedum bulbiferum</i> Makino	554
11 四芒景天 <i>Sedum tetractinum</i> Frod.	556
12 芥 <i>Capsella bursa-pastoris</i> (Linn.) Medik.	558
13 杨梅 <i>Myrica rubra</i> (Lour.) Sieb. et Zucc.	562
14 向日葵 <i>Helianthus annuus</i> Linn.	566
15 百日菊 <i>Zinnia elegans</i> Jacq.	568
16 美女樱 <i>Verbena hybrida</i> Voss	570
17 薄荷 <i>Mentha canadensis</i> Linn.	572
18 两歧飘拂草 <i>Fimbristylis dichotoma</i> (Linn.) Vahl	574

19 斑茅 <i>Saccharum arundinaceum</i> Retz.	578
20 细毛鸭嘴草 <i>Ischaemum ciliare</i> Retz.	582
21 渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i> (Houtt.) Nakai	586
22 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> (Linn.) Pers.	590
23 早熟禾 <i>Poa annua</i> Linn.	594
24 小飞蓬 <i>Erigeron canadensis</i> (Linn.) Cronq.	596
25 刺儿菜 <i>Cirsium arvense</i> (Linn.) Scop.	600

第 19 章 重金属污染区块原生态重要植物资源

1 山胡椒 <i>Lindera glauca</i> (Sieb. et Zucc.) Bl	606
2 盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> Mill.	610
3 乌柏 <i>Triadica sebifera</i> (Linn.) Small	614
4 银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	616
5 麻栎 <i>Quercus acutissima</i> Carr.	620
6 江南桤木 <i>Alnus trabeculosa</i> Hand.-Mazz.	624
7 邻近风轮菜 <i>Clinopodium confine</i> (Hance) O.Ktze.	628
8 鹅肠菜 <i>Myosoton aquaticum</i> (Linn.) Moench	630
9 扬子毛茛 <i>Ranunculus sieboldii</i> Miq.	634
10 葡茎通泉草 <i>Mazus miquelii</i> Makino	636
11 车前 <i>Plantago asiatica</i> Linn.	640
12 月季花 <i>Rosa chinensis</i> Jacq.	644
13 红叶石楠 <i>Photinia × fraseri</i> 'Red Robin'	648
14 红花檵木 <i>Lorpetalum chinense</i> (R.Br.) Oliv. var. <i>rubrum</i> Yieh	652
15 冬青 <i>Ilex chinensis</i> Sims	656
16 杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i> Planch.	660
17 矛叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i> (Roxb.) Hochst.	662
18 小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i> (Linn.) Liebm.	666
19 飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i> Linn.	668
20 牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (Linn.) Gaertn.	672
21 碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> Linn.	676
22 刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i> Linn.	680
23 野甘草 <i>Scoparia dulcis</i> Linn.	682
24 白羊草 <i>Bothriochloa ischaemum</i> (Linn.) Keng	686
25 红根草 <i>Lysimachia fortunei</i> Maxim.	690

第四篇 植物修复资源应用

第 20 章 重金属污染土壤应用的植物修复资源

1 八宝 <i>Hylotelephium erythrostictum</i> (Miq.) H.Ohba	698
2 巨菌草 <i>Pennisetum giganteum</i> Z.X.Lin	702
3 枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	706

4 柑橘 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	710
5 毛泡桐 <i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.	714
6 榔榆 <i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	716
7 冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	720
8 荷花玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i> Linn.	724

附 表

附表 1 镉污染土壤可选用的植物修复资源	728
附表 2 铜污染土壤可选用的植物修复资源	730
附表 3 铬污染土壤或水域可选用的植物修复资源	731
附表 4 铅污染土壤或水域可选用的植物修复资源	731
附表 5 锰污染土壤或水域可选用的植物修复资源	732
附表 6 锌污染土壤或水域可选用的植物修复资源	732
附表 7 砷污染土壤或水域可选用的植物修复资源	732
附表 8 汞污染土壤或水域可选用的植物修复资源	733
附表 9 重金属复合污染土壤或水域可选用的植物修复资源	733

索 引

拉丁名索引	734
中文名索引	737

第一篇

**重金属超积累
植物修复资源**



第 1 章

镉污染土壤超积累植物资源

镉为植物非必须元素，易转移，毒性强，常通过食物链进入人体，引起慢性中毒，引发各种致命疾病。铅、锌等镉伴生矿物的开采和加工，易引发含镉废水，导致水田、耕地和水域镉污染。镉大米和镉污染饮用水，潜在风险大，隐蔽性强，是影响健康、诱发慢性中毒最典型的镉污染。镉离子 (Cd^{2+}) 达一定浓度，便对植物产生毒害作用，使植物细胞损伤，影响植物的正常生理代谢，而高浓度时常导致植株死亡。镉超积累植物通过各种解毒机制抵御其毒害，通常通过区域隔离，进行外排或富集，或通过螯合钝化，或抗氧化系统构建等机制，忍耐镉毒性。

镉的化学性质接近锌，在土壤环境条件下表现为稳定性和累积性，不易消除。镉在土壤、水体及大气中以微量或痕量存在，地壳中的平均含量为 $0.15 \sim 0.20\text{mg/kg}$ ，而当土壤中镉含量为背景值的 1 倍至数倍时，则为非安全区域；当土壤中镉含量更高时，就无法农用，必须治理。采矿、冶炼、污泥、污水农用、大气污染、含镉肥料等的应用，使镉在环境中的含量不断累积，通过暴露、淋洗、沉降、复合夹带等途径，使农田等土壤环境镉污染不断加剧。

2014 年国家环境保护部和国土资源部发布的《全国土壤污染状况调查公报》显示，中国土壤总超标率为 16.1%，其中镉、镍、铜、砷、汞和铅等 6 种超标率分别为 7.0%、4.8%、2.1%、2.7%、1.6% 和 1.5%。中国镉污染土壤面积已达 20 万 hm^2 ，占总耕地面积的 1/6。

污染土壤镉可以通过物理、化学等方法进行治理，但往往费用昂贵、工艺复杂、实施难度大。利用镉超积累、耐性、适应植物，可以实施原位修复，并以摄取土壤镉的植物的收割、刈割、搬运、提炼回收等途径，实现系列产业的形成和可持续的土壤污染修复，并实现以植物为主要载体的环境美化、生态改造和清洁生产。

镉超积累植物的挖掘是实现生物修复的重要步骤。自十字花科 (Brassicaceae) 的遏蓝菜 (*Thlaspi caerulescens* J.Presl et C.Presl) 等镉超积累植物发现以来，各国学者展开了广泛的镉超积累植物筛选研究，目前镉超积累植物的种类已达 30 多种。本章主要介绍 20 多种镉超积累植物。

1

龙葵

Solanum nigrum

Linn.

修复特性：

镉超积累植物。当镉处理浓度为 50mg/kg、100mg/kg 和 200mg/kg 时，龙葵地上部镉含量分别为 101.1mg/kg、131.1mg/kg 和 167.2mg/kg，且转移系数分别为 1.04、1.16 和 1.06。

中文异名：龙葵草

英文名：black nightshade, hound's berry, European black nightshade, duscle, garden nightshade, petty morel, wonder berry, small fruited black nightshade, popolo

分类地位：茄科 (Solanaceae) 茄属 (*Solanum* Linn.)

形态学鉴别特征：一年生草本。

- ① 根：圆柱形，分枝多。
- ② 茎：直立，多分枝，无棱或棱不明显，绿色或紫色，近无毛或被微柔毛。植株高 20 ~ 80cm。
- ③ 叶：互生。卵形，长 2.5 ~ 10cm，宽 1.5 ~ 4cm，顶端尖锐，基部楔形至阔楔形下延至叶柄，全缘或有不规则波状粗齿，光滑或两面均被稀疏短柔毛，叶脉每边 5 ~ 6 条。柄长 1 ~ 2.5cm。
- ④ 花：短蝎尾状聚伞花序腋外生，总花梗长 1 ~ 2.5cm，每花序有 4 ~ 10 朵花，花梗长 5mm，下垂，近无毛或具短柔毛。萼小，

浅杯状，径 1.5 ~ 2mm，5 浅裂，齿卵圆形或卵状三角形，绿色。花冠无毛，白色，辐射状，筒部隐于萼内，长不及 1mm，冠檐长 2.5mm，5 深裂，裂片卵状三角形，长 2mm。雄蕊 5 枚，着生花冠筒口，花丝短而分离，内面有细柔毛，花药黄色，长 1mm，顶孔向内。雌蕊 1 枚。子房球形，径 0.5mm，2 室。花柱长 1.5mm，下半部密生长柔毛。柱头小，头状。

⑤ 果实：浆果球形，径 4 ~ 6mm，熟时紫黑色，有光泽。

⑥ 种子：近卵形，扁平，长 1.5 ~ 2mm，淡黄色，表面略具细网纹及小凹穴。

生物学特性：花期 6 ~ 9 月，果期 7 ~ 11 月。当年种子一般不能萌发，经越冬休眠后才能发芽。

生境特征：生于路旁、山坡林缘、溪畔灌草丛、村庄附近、田野等。

传播扩散特性：种子繁殖。

分布：亚、欧、美洲的温带至热带地区有分布。

参考文献：

1. Yuebing Sun, Qixing Zhou, Chunyan Diao. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L.. *Bioresource Trchnology*, 2008, 8: 1103-1110.
2. 魏树和, 周启星, 王新. 超积累植物龙葵及其对镉的富集特征. *环境科学*, 2005, 26(3): 167-171.



1
2

1 龙葵花 (徐正浩 摄)
2 铅和镉污染土壤龙葵花果期植株 (徐正浩 摄)



3

4

3 镉污染土壤龙葵植株 (徐正浩 摄)

4 铅和镉污染土壤龙葵生境植株 (徐正浩 摄)