

蓖麻根的研究进展

李平¹, 冯紫洲², 张继星^{1*}, 陈永胜¹, 王云², 刘海臣¹, 冀照君¹, 穆莎茉莉¹, 霍红雁¹

(1. 内蒙古民族大学生命科学院, 内蒙古通辽 028000; 2. 内蒙古民族大学农学院, 内蒙古通辽 028000)

摘要 蓖麻具有较强的抗逆性(抗旱、抗盐、抗重金属等), 是土壤改良的优良作物, 其根部发挥着重要的作用。蓖麻根的化学成分具有较高的药用价值, 是良好的中草药。从蓖麻根的形态特征和功能、抗逆性、土壤改良以及化学成分的药用价值等方面对蓖麻根的研究进展进行了综述。

关键词 蓖麻根; 抗逆性; 土壤改良; 药用价值

中图分类号 S565.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)21-012-03

Research Progress of Castor Root

LI Ping¹, FENG Zi-zhou², ZHANG Ji-xing^{1*} et al (1. College of Life Science, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028000; 2. Agriculture College, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028000)

Abstract Castor has a strong resistance to stress (drought, salt, heavy metal, etc.), is a good crop of soil improvement, its roots play an important role. The chemical composition of castor root has high medicinal value, it is a good herbal medicine. The research advances of castor root were elaborated from aspects of morphology features and function, resistance, soil improvement and medicinal value of chemical composition.

Key words Castor root; Stress resistance; Soil improvement; Medicinal value

根是种子植物的三大营养器官之一, 在植物的生长发育中起着重要的作用^[1]。根是适应陆地生活的重要器官, 大多生长在土壤中, 构成植物体的地下部分, 具有吸收、输导、支持、合成和贮藏的功能^[2]。根系的生长能力、分枝特性、结构与植物抵抗不良环境条件、病虫害、早熟等有着不可分割的关系^[3]。此外, 部分植物的根所含有的成分具有很大的药用价值, 如人参、何首乌、红景天、蓖麻等。《中药大辞典》记载蓖麻根有镇静解痉、祛风散瘀的作用, 可用于治疗破伤风、癫痫、风湿疼痛、跌打疼痛、瘰疬等。

蓖麻是世界十大油料作物之一, 具有较高的经济价值, 其中蓖麻油是一种重要的可再生生物资源^[4]。近年来, 对蓖麻的研究备受国内外学者的关注, 但有关蓖麻根的研究报道较少。由于根系研究信息的缺乏, 目前对蓖麻的研究往往只注重对地上部分的选择, 而很少涉及到根的研究, 这很大程度上影响了育种工作的成效, 造成了植物资源的浪费。深入研究蓖麻的根系特征及其所含成分, 对选育优良品种和充分发挥其药用价值具有重要意义。笔者从蓖麻根的形态特征和功能、抗逆性、土壤改良、化学成分及其药用价值等方面对蓖麻根的研究进展进行了综述。

1 根系的形态特征与功能

1.1 根系的形态特征 1991年, Fitter等^[5]通过拓扑学模型来定量描述根系结构, 将三维构型分解成二维构型, 然后将根系视为二分支拓扑学类型, 通过测定连通、分支等拓扑学参数对根系构型进行定量描述。Operstein等^[6]认为根系密度、根径、长度等越大, 根的地下分布越深, 植物的抗旱、抗倒伏、耐盐、耐寒等抗逆性也越强。植物的地下部分根系与土壤构成地下根-土系统, 具有固土加筋的效应^[7]。

蓖麻根系强大、分布广, 主根入土深达2~4 m, 侧根横向分布可达1.5~2.0 m^[8]。蓖麻根系由直根和侧根构成, 粗而长的直根上又生长出3~7条较长的侧根, 直根和侧根上生长出很多的支根, 并产生若干带有根毛的小根, 具有较强吸水作用的根尖结构, 形成网状根系。晚熟和多年生的蓖麻根系更为发达, 更加强大。一般在土壤湿润的情况下, 根系发育较弱, 且入土较浅; 在土壤疏松、深厚、干燥的情况下, 直根入土较深, 根系也较为发达^[9]。

1.2 根系的功能 根是陆生植物吸收水分和矿质元素的主要器官, 吸收部位主要在根的尖端, 包括根冠、分生区、伸长区和根毛区, 其中根毛区的吸水能力最强, 分生区是吸收矿质元素最活跃的部位^[10]。蓖麻根系具有吸收养分、水分、支持植株和供应地上部分进行光合作用等重要器官等功能, 直接决定养分的吸收能力, 在蓖麻各生育时期都发挥着极其重要的作用。植物根系还有合成功能, 能制造某些重要的有机物质, 如氨基酸、植物激素和植物碱等, 此外根还有分泌有机酸和贮藏功能^[2], 其中分泌物中含有草酸、苹果酸、乳酸、柠檬酸和酒石酸, 其中草酸和苹果酸的含量分别占39.93%和31.53%^[11]。

2 根系与植株抗逆性的关系

2.1 根系与植株抗旱性的关系 品种的抗旱性强弱与根系有密切的关系^[12], 抗旱性强的品种大多有强大的根系, 具有强大的根系是作物抗旱品种的重要特征^[13-14]。蓖麻可利用强大的根系开拓和调运土壤深层水, 提高水的利用率^[5]。蓖麻具有抗旱和耐瘠薄的特性, 在年降水量在为600 mm左右的干旱地区也能正常生长, 因此联合国将其列入三大抗旱作物(蓖麻、红花、鹰咀豆)之一。在内蒙古西部荒漠、干旱的阿拉善左旗, 蓖麻是改善地区植被覆盖度、增加森林面积和蓄积量, 降低风蚀强度, 阻止沙漠前移, 减轻沙尘暴发生频率和强度作物之一^[15]。

2.2 根系与植株耐盐性的关系 土壤中Na⁺过多会引起植

基金项目 国家自然科学基金项目(31260336)。

作者简介 李平(1990-), 男, 河北遵化人, 硕士研究生, 研究方向: 植物生物化学与分子生物学。*通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事植物生物化学与分子生物学研究。

收稿日期 2016-06-10

物体内离子不平衡、水分亏缺和离子毒害等^[16],对 Na^+ 的吸收和运输主要通过植物根部进行,所以根对抵抗盐胁迫起着重要的作用。随着植物基因工程的迅速发展,很多耐盐基因(*HKT*、*SOS*、*NHX* 等)从植物体中克隆出来,对大多数植物耐盐基因的表达产物的研究表明主要表达部位为根部。例如,在盐胁迫条件下,通过对小麦耐盐 *SOS1* 基因的研究表明主要在根部表皮细胞和根部分生组织中过量表达^[17]。蓖麻是优良耐盐的能源植物,其耐盐能力远远超过常规大田作物,但也有一定的耐受程度,目前研究表明土壤盐分达到 0.3%~0.4%,蓖麻也很难萌发和生长^[18-19]。近年来,一些耐盐基因也相继进行研究,内蒙古民族大学植物生物技术实训室对蓖麻耐盐 *NHX* 基因进行研究。此外,李军^[8]通过外源钙对蓖麻幼苗处理,研究发现 Ca^{2+} 增加了根系对水的通透性,提高了根系吸水,从而促进了蓖麻植物的生长。研究表明,植物 40% 以上的光合产物都会储存在土壤中,这对盐碱土的修复十分有益^[20]。蓖麻种植可以改良土壤,使土壤的电导率显著下降,交换量增加,全氮含量升高。但是,随着种植时间的加长,受蓖麻根际所分泌的大量酚酸类化感物质的影响,土壤肥力下降,电导率上升,交换量、有机质含量、全氮含量、速效磷含量和速效钾含量等下降。蓖麻具有发达的根系,在种植中根际分泌的大量有机酸,能分解土壤中的矿物质,提供微生物生长所需的矿质元素,促进根际微生物数量的增加,使得土壤微生物的活性和多样性增加,各种细菌、放线菌和各功能微生物数量显著增加,对植物耐盐性起到一定的影响^[21]。在盐碱地上种植蓖麻,不仅可以使土壤状况得到改善,蓖麻自身也具有较高的经济价值,因此在盐碱地上种植蓖麻可以实现生态和经济双赢。

2.3 根系与耐铅、锌等重金属的关系 蓖麻对重金属 Pb、Zn、Cd 均具有一定的耐受和富集能力^[22-24]。易心钰^[25]研究表明蓖麻幼苗根部为重金属的主要积累部位,在全矿渣基质中幼苗根部 Pb 的最大积累量达到 1 400.89 mg/kg,根土比达到 0.6,而地上部分仅有 121.15 mg/kg,转移系数不足 0.09,其中镉、锌和铜的转移系数分别为 0.07、0.22 和 0.47。陆晓怡等^[26-27]研究表明蓖麻根、茎和叶对 Zn 具有较强的积累量,当 Zn 浓度为 2 000 mg/kg 时,根、茎和叶的积累量分别达到 9 686.8、3 748.0 和 2 042.5 mg/kg。同时,对严重 Cd 污染土壤中蓖麻的根部也能积累大量 Cd,并仍能艰难生长。蓖麻对 Cu 表现出较强的转运和富集能力,根部是积累 Cu 的主要器官^[10]。渠荣遴等^[28]采用室内水培法研究了蓖麻对水体中 Cu 的去除作用,当 Cu 浓度为 50 mg/L 时用蓖麻种苗过滤 96 h 后,根、茎、叶 Cu 积累量分别为 38 200、4 480 和 440 mg/kg,证明蓖麻去除能力较强,其中根部起着决定性作用。郑进等^[29]研究也表明蓖麻对 Cu 耐性极强,可用作 Cu 污染土壤的植物修复。蓖麻对 Mn 的吸收积累研究表明不同品种之间存在较大的差异,湘蓖 1 号和湘蓖 7 号叶/根转移系数分别为 0.48 和 4.83。Kang W 等^[30]研究表明蓖麻对铜表现出较强的耐性,铜的主要积累在根细胞,蓖麻根细胞壁是耐受和解除铜胁迫的主要位置,在细胞壁中大多数铜被结合到

羧基(-COOH)和羟基(-OH)酸性的极性化合物、纤维素、半纤维素和多糖的基团。李鲜珠等^[31]对 6 种植物(高羊毛、早熟禾、狼把草、荔枝草、万寿菊、蓖麻)研究表明蓖麻的耐铬能力较强,对铬的富集量也较高,可以作为一种铬的高富集植物。植物不同部位对六价铬的积累量从大到小依次为根、叶、花,表明植物的根对六价铬有极强的吸收富集能力,并且很难从地下向地上部分转移。由此可见,蓖麻对重金属的耐受力强,具备修复污染土壤的潜力。

3 蓖麻根的化学成分及其药用价值

3.1 蓖麻根的化学成分 目前,国内外对蓖麻的研究仅局限于对蓖麻杂种优势利用、蓖麻毒蛋白、组织培养技术和矮化性状等方面^[32],而对蓖麻根化学成分的研究报道很少。唐祖年等^[33]利用硅胶柱色谱从蓖麻根中分离出 14 种化合物,分别为蓖麻三甘油酯、3-乙氧氧基-油桐酸、豆甾醇、蓖麻碱、3,4-二羟基苯甲酸甲酯、没食子酸、油桐酸、短口苏木酚酸乙酯、9-hydroxytridecyl docosanoate、羽扇豆醇、木犀草素、棕榈酸、二十八烷醇、正十八烷,其中蓖麻三甘油酯是首次从蓖麻属植物中分离得到。据《民间常用草药汇编》记载,蓖麻根含反-2-癸烯-4,6,8-三炔酸甲酯(Methyltrans-2-decene-4,6,8-trienoate)、1-十三碳烯-3,5,7,9,11-五炔(1-tridecene-3,5,7,9,11-pentayne)和 β -谷甾醇(β -sitosterol)等。

3.2 蓖麻根提取物的药用价值 蓖麻的根、茎、叶和籽都含有毒素,具有良好的杀虫和防虫作用,可以制成植物杀虫剂^[34-35]。蓖麻的根粉末混水煮后喷洒,可杀死蔬菜、花卉及农作物上的蚜虫和螨虫^[36]。蓖麻根也可以作为药用材料^[32],据《民间常用草药汇编》记载蓖麻根所含成分主要治疗功能有祛风解痉、活血消肿、主破伤风、癫痫、风湿痹痛、痈肿瘰疬、跌打损伤、脱肛和子宫脱垂等。Rajeshkumar D 等^[37]对蓖麻根皮水提物的研究表明,100 mg/kg 和 200 mg/kg 的根皮水提物与剂量为 50 mg/kg 的双氯芬酸根据标准药物评价发现,蓖麻根皮的水提取物对不同的伤害性刺激有强效镇痛作用。近年来,对蓖麻毒蛋白的研究表明蓖麻毒蛋白对小鼠艾氏腹水瘤细胞、L1210 白血病、B16 黑痣瘤、Lewis 肺癌、大肠癌、结肠癌等多种癌细胞有明显作用^[38-39]。唐祖年等^[40]运用 HepG2.2.15 细胞模型,ELISA 检测结果表明蓖麻根提取物可以抑制 HepG2.215 细胞上清液中 HBSAg 和 HBeAg 的表达,说明其在体外具有抗 HBV 作用。蓖麻根提取物对 HepG2、NCI-H460 和 SGC7901 细胞增殖有抑制作用,并发现使用不同萃取剂的提取物的抑制强度不同,抑制强度从大到小依次为石油醚、乙酸乙酯、氯仿^[41]。姜秀杰^[42]研究表明蓖麻根石油醚提取物有较强的肝癌细胞抑制作用,抑制率最高可达 62.46%。刘淑霞等^[43]研究表明蓖麻根浸提液根提取物能促进胞囊孵化,对 SCN J₂ 具有毒杀作用,随着提取液浓度的增加,对 SCN J₂ 的效果越好。Nithya R S 等^[44]在蓖麻根提取物中分离出 1 种活性蛋白,被命名为 Rp。该活性蛋白通过作用小白鼠试验表明,该活性蛋白具有抑制睾酮关键酶 3 β HSD 和 17 β HSD 的功能。研究表明,蓖麻根提取物具有较

高的药用价值。

4 展望

目前,蓖麻根系的研究尚处于起步阶段,对其还没有做深入细致的研究。根与植物的养分吸收、抗逆(抗盐、抗旱、抗倒伏)以及产量有着密切的关系,尤其蓖麻根的化学成分具有很大的药用价值以及在改良重金属污染的土壤中发挥着重要的作用。在蓖麻根研究中应与地上部分同步进行,应将现代生物技术传统的生物学和育种学充分整合起来对其研究和改造。利用蓖麻根在植物育种、栽培治污、药用价值等方面的作用,充分发挥蓖麻根的生态价值和经济价值。

参考文献

- [1] 廖其兴. 根系研究法评述[J]. 世界农业, 1995(7): 23-24.
- [2] 周云龙. 植物生物学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] FITTER A, WAISEL Y, ESHEL A, et al. Characteristics and functions of root systems[M]//WAISEL Y, ESHEL E, KAFKAFI U, et al. Plant roots, the hidden half. New York: Marcel Dekker Inc, 2002: 15-32.
- [4] 陈永胜, 黄凤兰, 朱国立, 等. 蓖麻研究成果文集[C]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2015: 116-166.
- [5] FITTER A H, STICKLAND T R. Architectural analysis of plant root systems, influence of nutrient supply on architecture in contrasting plant species[J]. New phytologist, 1991, 118(3): 383-389.
- [6] OPERSTEIN V, FRYDMAN S. The influence of vegetation on soil strength[J]. Proceedings of the ICE-ground improvement, 2000, 4(2): 81-89.
- [7] 李华坦, 胡夏高, 赵玉娟, 等. 植物根系增强土体抗剪强度机理研究进展[J]. 人民黄河, 2014, 36(8): 97-100.
- [8] 李军. 盐胁迫条件下蓖麻苗期对外源钙调节的响应[D]. 扬州: 扬州大学, 2011: 6-58.
- [9] 蒋小军. 蓖麻高产栽培及育种技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
- [10] 王忠. 植物生理学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2011: 59-102.
- [11] 康薇, 鲍建国, 郑进, 等. 铜胁迫对蓖麻根系有机酸分泌及 Cu 吸收的影响[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(9): 30-35.
- [12] 刘学义. 大豆成苗期根毛与抗旱性的关系研究[J]. 山西农业科学, 1996, 24(1): 27-30.
- [13] 王法宏. 作物根系研究进展[J]. 莱阳农学院学报, 1991, 8(3): 198-201.
- [14] 何芳禄. 水稻根系的生长生理[J]. 植物生理学通讯, 1980(3): 21-26.
- [15] 郝淑香, 徐皓, 许静, 等. 浅谈阿拉善左旗沙产业发展[J]. 内蒙古林业调查设计, 2015, 38(1): 118-120.
- [16] TESTER M, DAVENPORT R J. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plant[J]. Annals of botany, 2003, 9(5): 503-527.
- [17] CUIN T A, BOSE J, STEFANO G, et al. Assessing the role of root plasma membrane and tonoplast Na⁺/H⁺ exchangers in salinity tolerance in wheat: In planta quantification methods[J]. Plant cell and environment, 2011, 34: 947-916.
- [18] WILLENBORG C J, GULDEN R H, JOHNSON E N, et al. Germination characteristics of polymer-coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress at different temperatures[J]. Agron J, 2004, 96: 786-791.
- [19] 江惠琼. 云南红壤上蓖麻的 N、P、K 吸收与施肥技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [20] KUMAR R, PANDEY S, PENDEY A. Plant roots and carbon sequestration

[J]. Current science, 2006, 91: 885-890.

- [21] 吴向华. 苏北海滨盐土对 3 种耐盐植物种植的响应研究及其微生物资源化利用探索[D]. 南京: 南京大学, 2012: 94-95.
- [22] 陆晓怡, 何池全. 蓖麻对重金属 Cd 的耐性与吸收积累研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 674-677.
- [23] 陆晓怡, 何池全. 蓖麻对重金属锌的耐性与吸收积累研究[J]. 环境污染与防治, 2005, 27(6): 414-416.
- [24] NIU Z, SUN L, SUN T, et al. Evaluation of phytoextracting cadmium and lead by sunflower, ricinus, alfalfa and mustard in hydroponic culture[J]. Journal of environmental sciences, 2007, 19: 961-967.
- [25] 易心钰. 蓖麻对铅锌污染土壤的适应性及其机理研究[D]. 中南林业科技大学, 2014: 19-40.
- [26] 陆晓怡, 何池全. 蓖麻对重金属 Cd 的耐性与吸收积累研究[J]. 农业环境科学学报, 2005(4): 674-677.
- [27] 陆晓怡, 何池全. 蓖麻对重金属 Cd 的耐性与吸收积累研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 674-677.
- [28] 渠荣遴, 李德森, 杜荣塞, 等. 水体重金属污染的植物修复研究(IV)[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2): 167-169.
- [29] 郑进, 康薇. 湖北铜绿山古铜矿野生蓖麻重金属含量研究[J]. 黄石理工学院学报, 2009, 25(1): 36-40.
- [30] KANG W, BAO J, ZHENG J, et al. Distribution and chemical forms of copper in the root cells of castor seedlings and their tolerance to copper phytotoxicity in hydroponic culture[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2015, 22(10): 7726-7734.
- [31] 李鲜珠, 沈玉冰, 李万龙, 等. 六价铬高富集植物筛选的研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(2): 12-16.
- [32] 姚远, 李凤山, 陈永胜, 等. 国内外蓖麻研究进展[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2009, 24(2): 172-175.
- [33] 唐祖年, 谢丽霞, 苏小建, 等. 蓖麻根化学成分的研究[J]. 中草药, 2012, 43(1): 15-19.
- [34] RALPH P J, BURCHETT M D. Photosynthetic response of *Halophila ovalis* to heavy metal stress[J]. Environ Pollut, 1998, 103: 91-101.
- [35] DIXIT V, PANDEY V, SHYAM R. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad) [J]. J Exp Bot, 2001, 52: 1101-1109.
- [36] 陈梅. 外源激素对蓖麻营养生长及开花结实的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- [37] RAJESHKUMAR D, NAGACHAITANYA V, MANASA G, et al. Pharmacological evaluation of analgesic activity of aqueous extract of ricinus communis root bark[J]. International journal of toxicological and pharmacological research, 2013, 5(4): 94-95.
- [38] 邹立波. 蓖麻毒素与肿瘤治疗[J]. 国外医学·临床生物化学与检验学分册, 2001, 26(6): 290-291.
- [39] CHAKRAVARTULA S V, GUTTARLA N. Biochemical properties of ricin in immature castor seed[J]. Nat Prod Res, 2008, 22(7): 600.
- [40] 唐祖年, 徐雅娟, 冯梅, 等. 蓖麻根提取物对 HepG2. 2. 15HB sAg 和 HBeAg 表达和抗菌作用的研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(11): 3006-3008.
- [41] 唐祖年, 韦京辰. 蓖麻根提取物对 HepG2, NCI-H460 和 SGC-7901 细胞增殖及凋亡作用的影响[J]. 广西植物, 2011, 31(4): 564-568.
- [42] 姜秀杰. 蓖麻根提取物抑制肝癌细胞的作用探讨[J]. 中国现代药物应用, 2013, 7(17): 227-228.
- [43] 刘淑霞, 潘冬梅, 魏国江, 等. 亚麻、蓖麻和大麻浸提液对 SCN 化感作用的研究[J]. 长沙: 中国麻业科学, 2014, 36(2): 72-84.
- [44] NITHYA R S, ANUJA M M, SWATHY S S, et al. Effects on spermatogenesis in swiss mice of a protein isolated from the roots of *Ricinus communis* (Linn.) (Euphorbiaceae) [J]. Journal of hazardous materials, 2011, 187: 386-392.

(上接第 6 页)

- [5] 杨洋. 抑制淀粉分支酶基因表达影响稻米外观品质的细胞学和发育学研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2014: 15-16.

- [6] CHUNG H J, LIU Q, LEE L, et al. Relationship between the structure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of rice starches with different amylose contents[J]. Food hydrocolloids, 2011, 25: 968-975.