

沙棘有效成分研究进展*

李晓花, 孔令学, 刘洪章**
(吉林农业大学园艺学院, 长春 130118)

摘要:介绍了沙棘所含的维生素、黄酮类化合物、三萜及甾体类化合物、脂肪酸类、酚类、有机酸类、5-羟色胺、鞣质、微量元素、多糖等的种类、含量及药理作用和药用价值,并提出了沙棘的开发利用途径。

关键词:沙棘;有效成分;药用价值;开发利用

中图分类号:S793.6 文献标识码:A 文章编号:1000-5684(2007)02-0162-06

Advances on Effective Compositions of Sea-buckthorn

LI Xiao-hua, KONG Ling-xue, LIU Hong-zhang

(College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: The effective components of seabuckthorn were summarized in this paper, especially its sorts, content, medical values and pharmacological action of vitamin, flavone, triterpene, steroid, fatty acid, organic acid, phenols, 5-HT, tannin, microelement and polysaccharide. The way of exploiting and utilizing seabuckthorn was stated.

Key words: seabuckthorn; effective composition; medical value; exploitation and utilization

沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)属胡颓子科沙棘属植物,落叶灌木、小乔木或乔木,常有枝刺,雌雄异株。沙棘除了防风固沙、保持水土和改良土壤等作用外,因富含多种生物活性物质,还具有多种药理功能^[1]。我国是世界上有沙棘药用记载最早的国家,远在公元8世纪,沙棘已被藏医、蒙医用于治疗消化系统疾病、心脑血管疾病和烧伤及放射性冻伤^[2]。《中医大辞典》记载沙棘具有活血化瘀、健脾健胃、生津止渴、清热止泻等功效^[3]。我国20世纪60年代之前对沙棘的系统研究相对较少,1977年沙棘才被写入中国药典。从1985年开始,我国科研工作者对沙棘汁、沙棘油及其提取物进行了营养及化学成分分析、药效学和药理学等一系列的研究,证实了沙棘是一种含有多种维生素、微量元素、氨基酸和其他活性成分的药用植物。随着人们对沙棘认识的逐步深入和现代化检测手段的日趋完善,沙棘的研究开发也日益得到

许多国家的重视。

1 沙棘的有效成分及药用价值

1.1 维生素类

目前对沙棘果实、叶、油中的维生素类的研究报道较多。已证明沙棘含有维生素C、E、A、B₁、B₂、B₆、B₁₂和维生素K、F、P等多种维生素^[4-7]。

沙棘果实中的维生素类以维生素C最为丰富。不同产地的鲜果,维生素C含量为600~1294 mg/100g,是山楂的20倍,猕猴桃的2~3倍,柑桔的6倍,苹果的200倍,西红柿的80倍。由于沙棘果中不含抗坏血酸氧化酶成分,因此维生素C非常稳定。

维生素A在沙棘中的含量极其丰富^[8]。据报道沙棘果实中胡萝卜素类含量为100 mg/kg,高于黑穗醋栗、苹果。国内采用高效液相色谱法测出每100g沙棘种子油含 β -胡萝卜素484.5 mg,果

* 基金项目:吉林省科技发展计划项目(980206-10)

作者简介:李晓花(1975-),女,博士研究生,研究方向:天然产物化学。

收稿日期:2005-06-23 修回日期:2006-06-10

** 通讯作者

渣油含 187 mg,果汁油含 67.2 mg。具有维生素 A 原活性的类胡萝卜素有 β -胡萝卜素、-胡萝卜素、隐黄质、-玉米黄质和月亮黄质,占沙棘中 18 种类胡萝卜素的 48%。活性最强的维生素 A 原为 β -胡萝卜素和隐黄质,占维生素 A 原的 5%^[7-8]。沙棘果实中胡萝卜素含量比南瓜和胡萝卜高几倍,而且果实冷冻后胡萝卜素含量不降低。

沙棘中维生素 E 含量在果树中居首位。每 100 g 沙棘油中维生素 E 含量为 206.9 mg,新鲜果实中为 2.9 mg,果渣中 28.0 mg^[21]。其中活性最高的是占维生素 E 总含量 51%~65% 的 α 型,同时发现 α 型和 γ 型具有抗氧化作用。维生素 E 是沙棘油中的天然抗氧化剂,含量越高油越稳定^[8]。

维生素 C 和维生素 E 是沙棘油作为抗氧化剂的主要成分^[4,9-10]。有人认为黄酮类对血管壁的生理作用是通过维生素 C 参与而实现的。屈发启在沙棘籽油的护肤养颜试验中也证明了维生素 E 的抗氧化作用^[11]。他指出维生素 E 可保护皮肤中的脂肪及脂肪酸不被氧化或很少被氧化,从而减缓表皮角质化或老化的进程,维持或促进皮脂腺正常分泌皮脂,同时加快微循环或未稍循环。维生素 E 还可调整弹性纤维和骨胶原组织的排列和组合。他同时指出维生素 A 可维持上皮组织的正常代谢、防止表皮组织过度角质化,降低上皮组织细胞的生理年龄。对于维生素 K 族的生物效应,前苏联学者认为首先是由它在凝血过程中的作用决定的,它决定肝中前凝血酶原和前血清凝血酶原机能活性基形成的系统成分^[12]。凝血过程中缺乏这类活性物质,会使氧化磷酸化过程受到破坏,进而使前促凝素和其他蛋白族首先是消化酶受到破坏。维生素 K 族同维生素 E 和维生素 A 协同作用,对预防组织恶性增生及转移扩散起决定作用。

1.2 黄酮类化合物

根据化学结构可将黄酮类化合物分为 6 类^[13]:黄酮醇、二氢黄酮醇、黄烷酮、白花青素、查尔酮。其中以槲皮苷和异鼠李黄酮醇及其苷为优势活性成分。沙棘中的黄酮类化合物主要为异鼠李素、槲皮素、杨梅素等苷元构成的苷类化合物^[14]。异鼠李素和槲皮素是沙棘中主要的黄酮苷元化合物。构成苷类的糖有葡萄糖、异鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖,并且以 3-O 糖苷形式为主。近年来从沙棘果实中发现了茶多酚类物质原花青

素,它是天然抗氧化剂,价格昂贵。沙棘籽被认为是很好的原花青素的来源,它的提取物含有更多的二聚体、三聚体,而二聚体和三聚体较单体和多聚体具有更强的抗氧化性。沙棘叶中黄酮类化合物含量比果实中高 112.55%。

高锦明等^[15]对沙棘果实中的黄酮成分进行了研究,分离得到了黄酮醇糖苷类物质。王军宪等^[16]通过试验测得沙棘果泥中黄酮含量较高,其次为叶、果渣。刘朵花等^[17]利用色谱仪测得沙棘的根、茎、叶、花和果实中均含有黄酮类化合物。刘朵花等人用高效液相色谱测定发现沙棘种子中含有 16 种儿茶酸类^[18]。沙棘果实和叶中已经鉴定的黄酮类成分有槲皮素、异鼠李素、山奈酚、芹菜素及其苷类等^[19-20]。

黄酮类有抗脑缺血、抗心肌缺血、抗心律失常、抗自由基、镇痛、保肝护肝、抑制溃疡发生、抗病毒抗肿瘤、降血压、降血脂、抑制血小板凝集等多种药理作用^[21]。

沙棘总黄酮(TFH)在医药领域中应用广泛^[22]。沙棘黄酮类中白花青素的抗肿瘤作用最强。有人在研究沙棘总黄酮对活性氧自由基的作用时发现,沙棘总黄酮显著抑制十四酰佛波乙酸酯(PMA)刺激人多形核白细胞产生的化学发光,对 PMA 刺激人多形核细胞产生呼吸爆发时捕获的活性氧自由基有明显的清除作用,对嘌呤氧化酶体系产生的超氧自由基也有明显的清除作用^[4]。

1.3 三萜、甾体类化合物

沙棘叶和果中可分离出熊果酸、齐墩果酸、谷甾醇、豆甾醇、洋地黄苷、香树精等化合物,这些化合物主要存在于沙棘油不皂化物中^[7-8]。李玉珑等^[23]对沙棘种子油不皂化物进行了分离和分析,将不皂化物分为甾醇、4-甲基甾醇、三萜醇和烃类。据研究,熊果酸在沙棘不同部位含量不同,其中根皮为 0.17%~0.22%,叶为 0.29%~0.30%,果实为 1.34%~1.60%,种子为 0.47%~0.68%,而且含量与采摘时间有关^[7]。熊果酸还有抗艾滋病、抗糖尿病、抗对精子的毒性作用和抗癌、抗肿瘤(抗突变、抗促癌、抗氧化、抗细胞毒、抗癌细胞分化、抗细胞凋亡)作用^[23]。有人用沙棘籽油对大鼠胃溃疡模型进行治疗,发现其有良好的促进胃溃疡愈合作用,对籽油进一步提取与分离,发现 β -谷甾醇-D 葡萄糖苷是沙棘油中抗胃溃疡的有

效成分^[4]。有人在沙棘叶浸膏中检测出 14 种三萜烯类化合物,其中有环卵黄蛋白醇、胆固醇、高二根醇、羽扇豆醇、24-乙基胆甾-7-环-醇和酸类等。经动物试验证明:三萜烯醇和多酚油性溶液对大白鼠的溃疡及化学烧伤进行药理修补的疗效仅次于沙棘油。沙棘籽油中的甾醇类还对维持皮肤水分的正常代谢有重要作用,可以维持毛细血管韧性,防止皮肤的小血管硬化,改善表皮微循环^[24]。

1.4 脂肪酸类

沙棘油中脂肪酸包括棕榈脂酸、棕榈油酸、油酸、亚油酸和亚麻酸^[4,9]。沙棘油中脂肪酸成分主要是 C₁₄~C₁₈类脂肪酸,包括棕榈脂酸 28.5%~44.6%、棕榈油酸 10.4%~22.2%、亚油酸 20.9%~37.09%。原苏联学者认为,沙棘油是唯一的天然镇痛药,能促进组织再生,可用于治疗烧伤、烫伤、辐射损伤、褥疮及其他皮肤病,治疗胃肠疾病和静脉曲张,甚至能治疗癌症,在缓解动脉粥样硬化方面也有很明显作用。由于沙棘油具有明显的抗菌作用,对病毒性肝炎的疗效也较明显^[25]。

1.5 酚类

沙棘中多酚类化合物包括乌索酸、香豆素、-香豆素、酚酸等^[6-8]。香豆素以羟基为主要结构形式,这类化合物是抗艾滋病病毒(HIV)的天然药物^[26],同时它有增强毛细血管功能和止血抗凝的作用,有解痉、抗白癜风、抗肿瘤、麻醉、解热和利胆等作用^[4],它还有抗菌、消炎、镇痛、抗癌等多种作用。乌索酸近似于肾上腺皮质激素——脱氧皮质酮,可抑制体内的钠、氯离子而不影响钾代谢,用于治疗铜色皮肤病(肾上腺皮质激素不足),也具有消炎、收敛等作用。

1.6 有机酸类

沙棘果实中含有苹果酸、柠檬酸、酒石酸、草酸和琥珀酸,总含量为 3.86%~4.52%^[7-8],除叶片外,根茎和其他器官中均含有琥珀酸和酸模酸^[8]。沙棘中的有机酸具有缓解巴比妥类、抗生素和其他药物毒性的作用,还可预防畸胎因子、X-射线、超大气压输氧和应激反应等造成的生理损伤。

1.7 5-羟色胺

沙棘的茎皮、果实、叶片中含有一种植物界罕见的成分——5-羟色胺^[7-8],它以游离态和化合态

存在。作为一种神经递质,5-羟色胺对人的感情状态、血压、体温、机体的内环境、激素等有重要的调节作用,还具有抗强烈辐射、抗传染病、抗癌的作用,并能加速纤维蛋白原转化为纤维蛋白,有助于血液凝固^[4]。雷国强等^[27]对香蕉中的 5-羟色胺的研究表明:未成熟的香蕉肉对豚鼠的保泰松诱发性胃溃疡有预防(同时服用)或治疗(服保泰松 15 d 再服用香蕉肉)作用。

1.8 鞣质

在过去的化学研究中,往往把鞣质作为杂质去除。近年来的研究表明^[28-29],鞣质具有很高的药理和生理作用,因此日益引起人们的重视。随着新的分离技术在天然产物化学方面的应用,已从植物中分离鉴定出千余种鞣质类化合物。国内外对鞣质的研究已成为天然产物研究的热点之一。沙棘的鞣质研究国内很少见。前苏联对沙棘的鞣质进行了研究,Novruzov 等人^[30]对沙棘果实和叶片的单宁含量进行了分析比较,结果为沙棘叶片含有单宁 6.0%~11.7%,果实含有单宁 0.025%~0.105%。

1.9 微量元素

沙棘的果实、种子、叶和果渣都含有大量的矿物质元素,其中 K、Na、Ca、Mg、Zn、Fe 和 Mn 等对人体有益,有害元素 Cu、Pb、As、Cd 等的含量低于国家标准^[7-8]。

1.10 多糖

多糖的药用价值特别是明显的抗肿瘤作用日益引起人们的重视。目前多糖的研究多局限于菌类,沙棘多糖的研究目前国内外报道较少^[31-32]。王桂云等^[32]对沙棘果的多糖进行了分离鉴定,得到了 1 个中性杂多糖 JS1,经气谱分析得单糖组分为 Ara、Xyl、Gal、Glc;张丽萍等^[33]人也对沙棘果实多糖进行了研究。

1.11 蛋白质、氨基酸及超氧化物歧化酶等

沙棘果肉、果汁、种子均含有蛋白质,含量分别为 2.89%、0.90%~1.20%、24.38%。与其他植物鲜果相比沙棘果的蛋白质含量是相当高的。国外^[34-35]对沙棘叶片和果实的氨基酸进行了研究,果肉、果汁中含有 18 种氨基酸,包括人体不能合成的 8 种氨基酸。王俊峰等^[36]和齐洁等^[37]也对不同品种沙棘果实的营养成分进行了分析比较,结果表明沙棘果实含有大量的氨基酸,并且都含有人体必须的氨基酸,与国外的研究结果一致。

此外,沙棘中还含有大量的超氧化物歧化酶,其中叶片为 1 078.57 U/g,果实为 2 746 U/g,明显高于人参,对消除超氧阴离子自由基有重要作用^[38]。沙棘果还是提取甜菜碱等甜味物质的有价值的原料。甜菜碱是蛋氨酸、嘌呤嘧啶、肾上腺素和肌酸生物合成中甲基族的供体。沙棘油中还含有磷脂 0.2%~0.5%,其中卵磷脂 26.7%,脑磷脂 27.8%。

2 沙棘叶的饲用价值

沙棘叶是难得的饲料和饲料添加剂。早在国内研究沙棘的药用价值以前,很多学者就对沙棘的营养成分进行了研究,认为沙棘是一种很有使用价值的饲料来源。以沙棘的叶片及果渣喂养家畜,均无蓄积性毒害作用,无致癌作用或促发肿瘤作用,安全可靠,并有促进器官发育、提高抗病力的作用。国外学者指出,沙棘叶对家畜有祛病扶壮的作用。作为饲料,沙棘与红三叶草的蛋白质含量相近,脂肪含量高于红三叶草;与白三叶相比,蛋白质含量较低,脂肪含量较高^[39-41]。

3 沙棘的开发利用途径及其展望

3.1 大力开展生态建设

我国发生荒漠化的土地总面积已达到 262.2 万 km²,占国土总面积的 27.3%,主要分布在西部地区。每年因荒漠化损失耕地 6.7 万 km²,失去的土壤达 50 亿 t。黄土高原水土流失面积达到 45 万 km²,占黄土高原总面积的 70.3%;东北的松辽流域水土流失面积为 28 万 km²,占全流域总面积的 36.5%^[42-43]。这里的生态环境极为脆弱,基本上没有建设大规模乔木森林的可能性,而我国的天然沙棘林主要分布在 250~500 mm 的等雨线范围内,恰好涵盖了这一条生态脆弱带^[44]。实践证明,上述地区的荒漠化治理应以恢复和重建植被为主要途径,因为生态建设的核心是植被建设。从植被种类选择看,沙棘根系发达,萌蘖力强,成林快,生态适应性广,而且抗寒抗旱,耐盐碱、耐瘠薄,在上述恶劣环境下仍能以较快的速度生长并形成植被,增加生物多样性,具有防风固沙、保持水土等多种功能,是“三北”地区生态建设的先锋树种。与农田相比,沙棘林的蓄水减沙效益十分明显,可减少径流 87.1%,减少土壤流失 90.0%。沙棘林达 6 年生时,地表已被 2 cm 厚的

枯落物覆盖,水土流失基本停止^[45]。

3.2 促进农业结构调整

我国沙棘天然林及栽植面积已达到 200 万 km²,占世界总面积的 90%以上,已成为沙棘资源大国。要尽快将沙棘的资源优势转化为经济优势、科技优势和产业优势,必须调整西部地区的种植业结构,加快沙棘良种示范基地建设和商品基地建设,选育和引进一批适合三北地区大面积推广的优良品种,改变中国沙棘果小、刺多、采摘难和产量低、规模小、科技投入不足及质量标准落后等问题,大力发展加工业,以龙头企业为依托,带动沙棘产业的大发展。同时要加快制定沙棘产品质量标准体系,加强质量控制和监控力度,提高产品质量,实施名牌战略,努力抢占国内外市场。

3.3 建立“三料”(饲料、燃料、肥料)林基地

沙棘是一种优良饲料树种,饲料价值高于紫花苜蓿和白花草木樨等牧草。其嫩枝叶产量为 15 945 kg/hm²,是紫花苜蓿的 2.5 倍,每 0.13 hm²沙棘可养 1 只羊^[46];沙棘叶和果实中含有粗蛋白、脂肪、维生素及粗纤维等,是极好的饲料添加剂,可发展畜牧业^[47]。沙棘还是农村较好的能源树种,热值高、产薪量大,发展沙棘薪炭林可解决西部地区农民的烧材问题,一般每公顷沙棘林可解决 15 人 1 年的烧材。沙棘又是很好的肥料树种,其根系有根瘤能固氮,每公顷可固氮 180 kg,林下的枯枝落叶能提高土壤有机质含量和土壤肥力^[46]。

3.4 加快沙棘产品开发

沙棘含有丰富的生物活性物质,具有多种医疗保健作用,其开发利用已取得明显成就。以沙棘为原料发展起来的产业有制药工业、食品工业、饮料工业、饲料工业和化妆品工业等,所以沙棘产业是一个多门类的新兴产业。目前我国沙棘的食品开发厂家超过 200 家,生产的沙棘饮料有软饮料、果汁饮料、充气饮料、硬饮料,沙棘食品有果酱、沙棘冻、冰淇淋及沙棘色素等。其中沙棘叶茶咖啡碱含量低,适于儿童、老人特别是高血压患者^[48],可在嫩叶期采摘^[49]。由于沙棘有多种药用功能,已开发出 7 种准字号药品,如“沙棘冲剂”、“醋柳黄酮片”等,具有活血化瘀等功效,对慢性支气管炎、胃溃疡、缺血性心脏病、烧烫伤等具

有较好疗效。以沙棘油为原料开发的多种类型的化妆品已经投入市场^[3]。沙棘提取物制成的化妆品无毒无刺激、安全、无过敏等副作用,具有营养皮肤、护发健美等功效,是一种理想的天然营养、疗效型化妆品^[11]。

我国沙棘的开发利用前景极为广阔,今后应加大沙棘产品的开发研究投入,在制药、保健食品及化妆品等方面进行系列开发和产品研制,使其形成支柱产业。

参考文献:

- [1] 廉永善. 沙棘属植物天然产物及其主要生理药理功能[J]. 沙棘, 2005, 18(3): 5-16.
- [2] 徐铭渔, 孙小宣, 董文新. 沙棘的医药研究与开发[J]. 沙棘, 1994, 7(1): 32-40.
- [3] 金婷, 徐雅琴, 李兴国. 沙棘中活性物质及其应用[J]. 沙棘, 2005, 18(12): 24-25.
- [4] 包文芳, 孙一楠. 沙棘属植物化学成分研究进展[J]. 沙棘, 1999, 12(2): 39-44.
- [5] KALLIO H, YANG B R, RAJAI A T, et al. Composition of seabuckthorn berries of various origins[C]// China Administration Center for Seabuckthorn Development, International Center for Research & Training on Seabuckthorn. Proceedings of international Workshop on Seabuckthorn. Beijing: China Science & Technology Press, 1999: 13-19.
- [6] VIRENDRA S, BHUPINDER S, AWASTHI C P. Studies on Distribution, Taxonomy and Nutritional Values of Seabuckthorn - Growing in Dry Temperate Himalayas[C] China Administration Center for Seabuckthorn Development, International Center for Research & Training on Seabuckthorn. Worldwide Research & Development of Seabuckthorn. Beijing: China Science & Technology Press, 1997: 52-59.
- [7] 马志本, 崔砚生. 中国沙棘化学成分的分析[J]. 武汉植物学研究, 1987, 5(4): 397-403.
- [8] 葛孝炎, 史国富, 马翠英. 沙棘化学成分的研究概况[J]. 中草药, 1986, 17(8): 42-44.
- [9] 姜紫荣. 沙棘油的成分分析[J]. 中国野生植物, 1987(3): 1-5.
- [10] 高锦明, 张鞍灵. 沙棘挥发油研究概况[J]. 沙棘, 1995, 8(3): 24-28.
- [11] 屈发启. 沙棘籽油的护肤养肤价值[J]. 沙棘, 1998, 11(1): 34-37.
- [12] 李娟, 周震. 超临界二氧化碳萃取沙棘籽油的化学成分分析[J]. 中国药学杂志, 1996, 31(1): 19-20.
- [13] 高锦明, 张鞍灵, 李芸生, 等. 沙棘黄酮化学研究的进展[J]. 沙棘, 1998, 11(2): 34-40.
- [14] 高锦明, 张鞍灵, 李芸生, 等. 沙棘黄酮化学研究进展[J]. 沙棘, 1998, 11(2): 34-40.
- [15] 高锦明, 张鞍灵. 中国沙棘果实黄酮成分的研究[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(3): 52-55.
- [16] 王军宪, 刘万军, 常永红, 等. 中国沙棘不同部位总黄酮含量测定初报[J]. 沙棘, 1999, 12(2): 45-46.
- [17] 刘朵花, 李建辉, 吴伸. 沙棘果肉和叶中黄酮类化合物组分的分析比较[J]. 沙棘, 1999, 12(3): 28-30.
- [18] 刘朵花, 李伟, 吴伸. 沙棘和葡萄籽中原花青素的对比研究[J]. 沙棘, 2000, 13(1): 35-37.
- [19] 阮栋梁, 王辉, 李和. 沙棘叶子中黄酮的分离与鉴定[J]. 沙棘, 2002, 15(4): 32-34.
- [20] 阮栋梁, 王辉, 李和. 沙棘叶中槲皮素的分离与鉴定[J]. 沙棘, 2003, 16(1): 26-28.
- [21] 黄河胜, 马传庚, 陈滞武. 黄酮类化合物药理作用研究进展[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 589-592.
- [22] 黄河胜, 马传庚, 陈滞武. 黄酮类化合物药理作用研究进展[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 589-592.
- [23] 李玉珑, 赵立虹, 李和. 沙棘种子油中不皂化物的分离与分析[J]. 中草药, 1999, 30(6): 412-413.
- [24] 张骁, 束梅英. 沙棘药理研究进展[J]. 沙棘, 1999, 12(2): 40-44.
- [25] GANJEV K G, NABIDZHANOVA E N, RAFIEVA S A. Study of the preventive effect of seabuckthorn oil on amino acid transamination enzyme activities of the liver tissue of rats under acute and chronic hepatotoxin administration [J]. Eksperim Patol Pecheni, 1978 (3): 41-55.
- [26] 李志勇, 郭勇, 罗焕亮. 香豆素类化合物抗 HIV 天然药物[J]. 生命的化学, 1999, 19(4): 197-198.
- [27] 雷国强, 李厚望. 香蕉中 5-羟色胺的荧光测定和薄层鉴定[J]. 中药材, 1995, 18(3): 142-144.
- [28] 石碧, 狄莹, 何有节, 等. 鞣质的药理活性[J]. 中草药, 1998, 29(7): 487-490.
- [29] 王彩芳, 刘延泽. 鞣质生理活性研究进展[J]. 国外医学中医中药分册, 2001, 23(5): 278-282.
- [30] NOVRAZOV E N, ISMAILOV N M. Phenolic compounds of *Hippophae rhamnoides* L. leaves [J]. Rastit Resur, 1983, 19(3): 354-356.
- [31] 付明辉, 林总华. 沙棘果水溶性多糖的分离纯化组分析及抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(3): 73-75.
- [32] 王桂云, 梁忠言, 张丽萍, 等. 沙棘果水溶性多糖 JS₁ 的分离鉴定[J]. 中国药学杂志, 1999, 34(4): 229-231.
- [33] 张丽萍, 陈玉香, 刘立东, 等. 沙棘果硫酸化酯多糖 HR₃S_L 的制备与分析[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1999, 31(3): 70-73.
- [34] REPYAKH S M, Kargapol tsev A P, Chuprova N A. Amino acid Composition and biological Value of proteins of the woody Berdure of sea buckthorn[J]. Chemistry of Natural Compounds, 1990, 26(1): 110-111.
- [35] SOLONENKO L P, SHISNKINA E E. Proteins and amino acids in Hippophae fruits [J]. Biology, 1983, (3): 67-82.
- [36] 王俊峰, 刘安典, 解柱华, 等. 陕西沙棘叶片主要营养成分的测定与分析[J]. 沙棘, 2001, 14(3): 18-21.
- [37] 齐洁, 刘洪章, 吴林, 等. 不同沙棘品种果实营养成分的比

- 较分析[J]. 吉林农业大学学报,1998,20(3):35-38.
- [38] 靳月华,陶大立,杜英君. 沙棘果汁及叶片中超氧化物歧化酶的初步研究[J]. 沙棘,2002,15(4):27-31.
- [39] 王俊峰,刘安典,解柱华,等. 陕西沙棘叶片主要营养成分的测定与分析[J]. 沙棘,2001,14(3):18-21.
- [40] 吕荣森. 沙棘属植物叶的营养成分及其应用前景[J]. 沙棘,1991,4(4):43-45.
- [41] SINGH V, SINGH R K, SINGH B. Fodder values of the foliage of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*ssp. *turkestanica*) growing in Lahaul Valley, a dry temperate region of the Himalayas[C]. China Administration Center for Seabuckthorn Development, International Center for Research & Training on Seabuckthorn. Proceedings of International Workshop on Seabuckthorn. Beijing: China Science & Technology Press,1999:55-59.
- [42] 吕荣森. 沙棘在中国西部生态环境建设中的作用[J]. 沙棘,2003,16(1):3-7.
- [43] 李敏. 世界森林观念的发展变化与我国沙棘资源开发利用[J]. 沙棘,2004,17(1):2-7.
- [44] 李敏. 中国沙棘开发利用20年主要成就[J]. 沙棘,2005,18(1):1-6.
- [45] 吴钦孝,赵鸿雁. 沙棘林的水土保持功能及其在治理和开发黄土高原中的作用[J]. 沙棘,2002,15(1):27-30.
- [46] 李敏. 沙棘在中国西部发展中的地位和作用[J]. 沙棘,2002,15(3):1-4.
- [47] 马三保. 沙棘的饲用价值与沙棘饲料的产业开发[J]. 沙棘,2000,13(2):27-30.
- [48] 王琳,冯建菊,蒋学玮. 沙棘植物资源的综合利用[J]. 北方园艺,2002(6):66-70.
- [49] 刘洪章,齐洁. 沙棘糖、酸、V_c及SOD动态变化[J]. 果树学报,2006,23(5):763-765.

(上接第161页)

的量较多,因而造成体内硝酸盐积累量少如“秋宝”,另一种类型是本身的硝酸还原酶活性并不高,但对氮素的吸收能力较弱,体内的氮素总体含量较低,硝酸盐的含量也随之较低如“太原二青”。其对氮素吸收较弱的生理机制有待进一步研究。

3) 在本试验条件下,各品种在不同的氮素水平条件下其亚硝酸盐的变化没有规律可循。

4) 随着氮素水平的提高各类型的大白菜产量有增加的趋势,但氮素水平上升到230 mg/L时大部分品种产量不再升高,只有富集力低的“秋宝”仍有上升趋势。产量性状是否与硝酸还原酶活性有关还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] CANLIFFE D I. Nitrate Accumulation in Spinach grown at different temperatures[J]. Amer Soci Hort Sci,1972,97(5):674-676.
- [2] 沈明珠,翟宝杰,惠惠茹. 蔬菜硝酸盐积累的研究[J]. 园艺学报,1982,9(4):41-48.
- [3] 刘康. 氯化铵消化抑制效应的初步研究[J]. 土壤肥料,1990,6(1):21-23.
- [4] 庄舜,孙秀延. 氮肥对蔬菜硝酸盐积累的影响[J]. 土壤学进展,1995,23(3):29-35.
- [5] 周根娣,卢善玲. 磷钾肥、光照、贮藏加工对蔬菜硝酸盐含量的影响[J]. 上海农业学报,1991,7(2):55-56.
- [6] 郭冬妮,齐鑫山. 双氰胺抑制蔬菜积累硝酸盐的试验报告[J]. 农业环境保护,1992,11(4):176-178.
- [7] 陈火英,张建华,林家宝,等. 关于低硝酸盐莴苣品种筛选技术的研究[J]. 上海农学院学报,1995,13(1):7-10.
- [8] 林家宝,吴仲可,林观捷. 莴苣硝酸盐含量遗传的初步研究[J]. 上海农学院学报,1994,12(2):125-130.
- [9] 池田英男. 野菜生育と窒素营养[J]. 农业および园艺,1987,62(7):891-897.
- [10] 汪李平,向长萍,王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(上)[J]. 长江蔬菜,2000,11(4):1-4.
- [11] 汪李平,王运华. 我国蔬菜硝酸盐污染状况及防治途径研究进展(下)[J]. 长江蔬菜,2000,11(5):1-4.
- [12] 陶正平. 大白菜不同品种对硝酸盐积累差异的研究[J]. 园艺学报,2005,32(4):698-700.
- [13] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [14] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学[M]. 北京:科学出版社,1999.