

外源物质对十字花科芽菜营养物质含量的影响

赵晓炯, 朱 毅, 罗云波

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘 要:近年来,芽苗类蔬菜因其含有丰富的营养物质受到消费者的青睐。芽菜中的营养物质含量远远高于成熟蔬菜且通过外源物质处理可提高其含量。十字花科蔬菜除了含有维生素 C、维生素 E、酚类化合物、类胡萝卜素、花青素等物质之外,还含有极具抗癌、预防慢性病等功效的芥子油苷和异硫氰酸盐类物质。现对不同外源物质诱导十字花科芽菜生长过程中营养物质含量的影响进行了综述,旨在为农业生产提供参考。

关键词:外源物质;十字花科;芽菜;营养物质

中图分类号:Q 949.748.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)15-0209-06

流行病学研究表明,提高十字花科蔬菜的摄入量有助于降低癌症和慢性疾病的发病率^[1-4],其主要原因在于十字花科蔬菜中含有丰富的抗氧化物质,如维生素 C、维生素 E、酚类化合物、类胡萝卜素、花青素、叶绿素以及芥子油苷及其代谢产物等。影响其营养物质含量的因素有很多,如生长过程中外源物质的诱导、品种、生长条件、采后贮藏以及加工方式等^[5-8]。该研究主要对不同外源物质诱导十字花科芽菜生长过程中营养物质含量的影响进行综述,旨在为农业生产提供一定的参考。

1 十字花科芽菜中营养物质介绍

十字花科芽菜中的营养物质主要包括维生素 C、维生素 E、花青素、类胡萝卜素、叶绿素、酚类化合物、芥子油苷及其代谢产物等。十字花科蔬菜因其含有丰富的营养物质而越来越受到消费者的青睐,主要原因与其含有较多的抗癌活性的芥子油苷类物质有关,而且其幼苗或芽菜中的营养物质远远高于其成熟蔬菜。Hanlon 等^[9]研究发现,萝卜幼苗中的芥子油苷、异硫氰酸盐以及酚类化合物的含量分别是成熟萝卜块茎中的 3.8、8.2、6.9 倍。Cevallos-Casals 等^[10]研究发现,西兰花、萝卜、甘蓝的幼苗中酚类化合物和芥子油苷的含量约是其成熟蔬菜的 10 倍。Fahey 等^[11]研究发现,西兰花幼苗中的芥子油苷的含量是成熟西兰花的 20 倍。

1.1 芥子油苷及其代谢产物

芥子油苷(图 1)作为十字花科蔬菜中含量较丰富的次级代谢产物,其在植物根、茎、叶及种子的细胞和组织中稳定存在^[12-14]。其主要结构是由 β -D-硫葡萄糖基、磺酰基团以及来自于氨基酸的侧链 R 组成。根据 R 侧链的不同可将其分为脂肪族、芳香族和吲哚族三大类^[15]。然而,当植物组织或细胞破坏之后,芥子油苷会与黑芥子酶接触而被水解,水解产物有异硫氰酸盐、萝卜硫素、腈类、硫氰酸酯类及恶唑烷类等物质^[16],分解过程见图 2。在芥子油苷的分解产物中,异硫氰酸盐和萝卜硫素具有较强的抗癌活性^[17]以及细胞保护能力^[18]。影响芥子油苷及其代谢产物含量的主要因素有植物种类、基因型、生长环境以及采后贮藏、加工条件等,其中生长环境及植物种类的影响最大。

1.2 维生素类

目前十字花科蔬菜中研究较多的维生素主要有维生素 C 和维生素 E。维生素 C 是一种水溶性维生素,具有重要的生理活性。人体主要通过蔬菜或者水果来摄取。维生素 C 能够消除过氧化物及羟基自由基^[19],进而保护细胞组织等;还能提高人体免疫力、防癌、预防动脉硬化等功效。十字花科芽菜中的维生素 C 含量是成熟

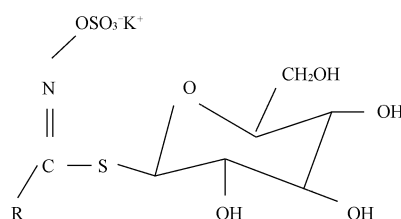


图 1 芥子油苷结构^[13]

Fig. 1 Structure of glucosinolates

第一作者简介:赵晓炯(1989-),女,硕士研究生,研究方向为食品科学。E-mail:zhaoxg_runner@163.com.

责任作者:朱毅(1973-),女,博士,副教授,现主要从事果蔬采后保鲜与生物活性物质功效等研究工作。E-mail:zhuyi@cau.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31101263)。

收稿日期:2014-05-04

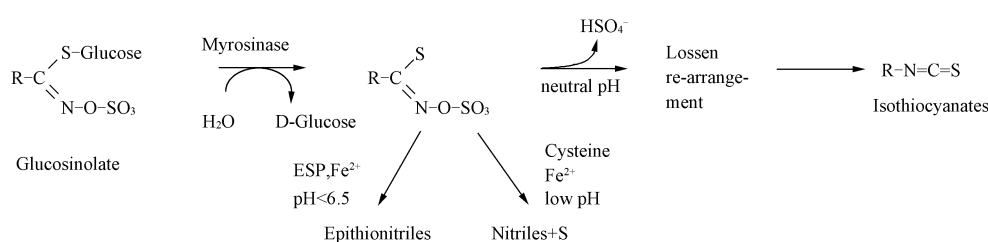
图2 芥子油苷的分解过程^[14]

Fig. 2 The hydrolysis of glucosinolates by myrosinase

蔬菜的2~4倍(不同种类蔬菜中含量不同),引起含量差异的原因在于蔬菜的种类或基因型^[6,20]。维生素E,又叫生育酚,是一种脂溶性物质,具有较强的抗氧化活性,能够预防冠心病^[21]。不同种类的十字花科蔬菜中维生素E含量有所差异,其中甘蓝中的含量最高^[6,22]。然而,关于十字花科芽菜中维生素E的研究鲜有报道,可能原因在于芽菜中的维生素E含量较低或者受环境影响较小。

1.3 色素类

十字花科蔬菜中色素主要有类胡萝卜素和花青素。类胡萝卜素,作为维生素A的前体物,是广泛存在于植物中的脂溶性色素,包括 β -胡萝卜素、 γ -胡萝卜素、叶黄素、玉米黄质等,可作为自由基清除剂以及单线态氧猝灭剂,能够预防癌症和心血管疾病^[23]。Muller^[24]研究发现,在十字花科蔬菜中,叶黄素和 β -胡萝卜素是含量最多的2种类胡萝卜素。甘蓝中的叶黄素和玉米黄质的含量可达3.04~39.55 mg/100g。不同品种的十字花科蔬菜中类胡萝卜素的种类和含量有所差异。花青素是广泛存在于十字花科植物中的水溶性色素,一方面赋予植物特殊的颜色,另一方面用来保护植物,防止其受到各种生物的、非生物灾害的胁迫。此外,研究^[25-27]表明,花青素能够帮助人类预防心血管疾病、癌症以及其它慢性病。在紫色的西兰花幼苗茎和萝卜幼苗茎中的花青素的含量是较高的。除了花青素和类胡萝卜素之外,叶绿素也是十字花科蔬菜中含量较高的脂溶性色素,对植物的生长有着重要影响。

1.4 酚类化合物

酚类化合物是广泛存在于十字花科蔬菜中的次级代谢产物。根据结构中羟基的数目以及取代基的不同,可将其分为几大类,其中最常见的是以 $C_6-C_3-C_6$ 为骨架的黄酮类化合物^[28]。酚类化合物,尤其是黄酮类化合物有着重要的生理活性,主要是抗氧化、细胞保护及肿瘤抑制作用^[29],其原因在于其具有自由基清除能力。许多研究^[30-31]发现,酚类化合物有着比维生素和类胡萝卜素更强的抗氧化功能。酚类化合物生理活性的强弱取决于在生物体内的稳定性以及结构中所含羟基的数目和位置。十字花科芽菜中的酚类化合物的种类和含量与

植物的基因型、生长环境、采收条件以及贮藏条件等都有关系^[28]。

2 外源物质对十字花科芽菜生长过程中营养物质含量的影响

2.1 光照和温度的影响

2.1.1 光照的影响 光照是植物进行光合作用所必需的条件,一般来说,光照有利于植物的生长发育以及营养物质的积累。Ciska等^[32]研究发现,分别在完全光照和黑暗条件下生长的白芥菜、红萝卜、白萝卜以及油菜4种蔬菜的幼苗,与未发芽的种子相比,黑暗条件下生长4、5、6、7 d的幼苗中总芥子油苷含量的减少量($\leq 25\%$)远远小于光照条件下生长的幼苗($30\% \sim 70\%$)。该结论与Pérez-Balibrea等^[33]的研究结果相悖,他认为光照有利于芥子油苷含量的提高。与完全黑暗条件下生长7 d的西兰花幼苗相比,在16 h/8h(光照/黑暗)条件下生长西兰花幼苗中芥子油苷的含量要高33%。据初步推测,造成以上2种不同结论的原因可能在于蔬菜品种以及试验中光照条件的差异。此外,Pérez等^[33]还发现,与完全黑暗条件下生长7 d的西兰花幼苗相比,在16 h/8h(光照/黑暗)条件下生长的西兰花幼苗中维生素C、酚类化合物的含量分别提高83%、61%。因此,在实际农业生产中,根据蔬菜品种选择合适的光照条件对于提高其营养物质的含量有着至关重要的作用。

2.1.2 温度的影响 温度对于植物的生长发育也是至关重要的,其直接影响植物体内化合物的合成与分解等过程。Rose等^[34-35]研究发现,十字花科蔬菜中的芥子油苷的含量在24 h内变化幅度较大;与 30°C 下生长的卷心菜幼苗相比,在 20°C 下生长的卷心菜幼苗中芥子油苷含量的昼夜变化幅度要小。其推断保持稳定且接近于植物最适生长的温度对于减少芥子油苷变化幅度、促进芥子油苷的积累有着积极的作用,但还需要进一步研究证实。目前对于温度对十字花科蔬菜中营养物质含量的影响的研究鲜有报道,因此,还有待深入开展这方面的研究。

2.2 植物激素的影响

植物激素对于植物的生长发育及体内代谢产物的

合成积累等具有显著的影响。Kim 等^[36]研究发现,用茉莉酸甲酯喷洒生长 7 d 的萝卜幼苗能显著提高总酚含量和自由基清除能力。此外,用茉莉酸甲酯处理 24 h 后的萝卜幼苗中苯丙氨酸解氨酶(酚类化合物合成相关的酶)的活性也提高 60%,但降低了异硫氰酸盐的含量以及黑芥子酶(与异硫氰酸盐生产相关的酶)的活性。该研究在某种程度上说明茉莉酸甲酯处理萝卜幼苗,可以提高其抗氧化能力,对农业生产提供一定的指导,但关于茉莉酸甲酯与植物次级代谢产物合成的机理还有待进一步研究。Pérez-Balibrea 等^[37]研究发现,与未处理的生长 5 d 的西兰花幼苗相比,喷洒 200、300 μM 水杨酸的西兰花幼苗中维生素 C 含量分别提高 26% 和 18%;喷洒 10 μM 茉莉酸甲酯、100 μM 水杨酸的西兰花幼苗中黄酮类物质含量分别提高 31% 和 33%;喷洒 100 μM 水杨酸和 25 μM 茉莉酸甲酯的西兰花幼苗中吲哚族芥子油苷的含量分别提高 33% 和 51%。水杨酸和茉莉酸甲酯促进西兰花幼苗中次级代谢产物合成的机理可能在于其能够诱导这些代谢产物合成相关基因的表达。因此,植物激素可以在一定程度上促进西兰花幼苗中的营养物质的合成和积累,提高其营养价值。初敏等^[38]用 0.75 mmol/L 水杨酸预处理萝卜幼苗后发现,随低温处理时间延长,可溶性糖和脯氨酸含量逐渐升高,抗氧化酶活性也显著高于对照,而丙二醛含量显著低于对照。

2.3 糖的影响

Rolland 等^[39]研究报道,糖类物质在植物生长过程中能够作为主要的信号因子来调控其代谢途径。Hara 等^[40]研究发现,用葡萄糖、果糖和蔗糖浸泡生长 4 d 的萝卜幼苗的胚轴,可以显著提高其花青素的含量,其中 175 mM 蔗糖处理效果最好。Guo 等^[41]用不同种类的糖(蔗糖、葡萄糖、果糖、甘露糖醇、1:1 果糖/葡萄糖)处理已生长 5 d 的西兰花幼苗,发现与未处理的西兰花幼苗相比,所有的糖处理都能够显著提高其抗氧化能力以及花青素和芥子油苷的含量,其中蔗糖的促进效果最明显。Guo 等^[42]研究还发现,蔗糖能够诱导西兰花幼苗中花青素和芥子油苷合成相关基因表达的上调,进而说明蔗糖作为一种信号传导因子来诱发西兰花中营养物质的合成。Guo 等^[42]分别用 88 mM 和 176 mM 的蔗糖和甘露糖醇溶液处理已生长 5 d 的西兰花幼苗,与未处理的西兰花幼苗相比,用 88 mM 蔗糖溶液处理后的幼苗中萝卜硫素、维生素 C、花青素的含量显著提高;用 176 mM 蔗糖溶液处理后的幼苗中芥子油苷和总酚含量、苯丙氨酸解氨酶活性、抗氧化能力显著提高,黑芥子酶活性显著降低;此外,用 176 mM 甘露糖醇溶液处理后的幼苗中芥子油苷、萝卜硫素以及总酚的含量也呈现显著提高的趋势。Pérez-Balibrea 等^[37]研究发现,与未处理

的生长 5 d 的西兰花幼苗相比,喷洒 0.01% 壳聚糖溶液的西兰花幼苗中维生素 C 含量提高 54%,而对总酚、芥子油苷含量无显著影响。以上研究结果表明,蔗糖对于诱导十字花科蔬菜中的营养物质合成和积累有着重要作用。王春玮等^[43]用 0.25% 的壳聚糖包衣处理“翘头青”萝卜品种,在 20℃ 下发芽,可以明显增加种子活力,提高发芽率,幼苗的湿重、干重、根长、根鲜重以及幼苗叶片重的叶绿素、可溶性蛋白质以及可溶性糖等的含量。以上研究结果表明,用不同的糖处理十字花科植物,对其营养物质含量都会产生一定的影响,原因可能在于这些糖作为信号传到因子诱导相关基因的表达或渗透压的作用,而具体的机理有待进一步研究。

2.4 无机盐的影响

2.4.1 氮、硫元素的影响 氮、硫元素是植物生长发育必不可少的营养物质,直接影响着植物初、次级代谢产物的合成与积累。关于氮、硫元素对十字花科蔬菜营养物质含量的变化主要集中在芥子油苷上。十字花科蔬菜的芥子油苷中含有的硫元素占总元素的 30%,因此施用硫元素对其营养物质的含量有着重要影响。Zhou 等^[44]在萝卜幼苗生长的 1~7 d 内用不同浓度的硫元素对其根部及叶片进行喷洒处理,发现与未处理的萝卜幼苗相比,硫元素能够显著提高其芥子油苷、类胡萝卜素、叶绿素和总酚等的含量,对维生素 C 含量的影响不大;此外,不同浓度硫元素处理后,生长 7 d 的萝卜幼苗中花青素的含量降低了 14.8%~39.3%。Pérez-Balibrea 等^[45]研究发现,用不同浓度硫元素处理西兰花幼苗后,与未处理组相比,生长 3 d 的幼苗中芥子油苷的含量显著提高,其中生长 9 d 和 12 d 的幼苗效果最明显。据初步推断,硫元素能够促进芥子油苷含量提高的原因在于硫元素是大部分的芥子油苷的合成都与含有硫元素的蛋氨酸有关,施用硫元素可以促进蛋氨酸的合成,进而提高芥子油苷的含量。因此,建议在萝卜幼苗种植过程中采用适宜浓度的硫元素处理对于提高其营养物质含量具有重要的作用。十字花科蔬菜中芥子油苷的含量不仅与硫元素有关,还与氮元素有着重要关系,原因在于植物需要利用氮元素来合成吲哚族芥子油苷合成所需的含氮元素的氨基酸^[46]。Gerendas 等^[47]用不同浓度的硫元素和氮元素处理甘蓝,发现总异硫氰酸盐含量与硫元素浓度呈正相关,而与氮元素浓度呈负相关。Aires 等^[48]测定其根部和地上部分的芥子油苷的含量发现,西兰花幼苗地上部分的芥子油苷的含量显著高于根部。然而,用不同浓度的硫元素和氮元素处理西兰花幼苗,与未处理的幼苗相比,其芥子油苷的含量没有显著变化,由此得出,西兰花幼苗生长过程中施用氮、硫元素并不能提高其芥子油苷的含量,原因可能在于西兰花幼苗对盐较敏感,不适宜的盐处理会影响其正常生长发育。

2.4.2 其它无机盐的影响 除了氮、硫元素对植物生长发育影响较大之外,其它盐类如氯化钠也会影响植物的生长代谢。Yuan 等^[27]用 10、50、100 mM NaCl 来处理生长过程中的萝卜幼苗发现,与未处理的幼苗相比,用 10、50 mM NaCl 处理的生长 5 d 和 7 d 的萝卜幼苗中总芥子油和总酚的含量显著下降,但其抗氧化活性未受影响;用 100 mM NaCl 处理的生长 3 d 和 5 d 的萝卜幼苗中总酚含量及黑芥子酶活性显著提高,而生长 5 d 和 7 d 的萝卜幼苗中总芥子油苷含量显著提高。造成以上结果的原因可能在于 NaCl 产生一定的渗透压,影响植物细胞的生长,进而影响其初、次级代谢产物的合成与积累。与上述结果类似,Guo 等^[49]研究发现,用 20、40、60 mmol/L 的 NaCl 处理得到的生长 7 d 的西兰花幼苗中总芥子油苷的含量显著下降,但鲜重显著提高;而用 100 mmol/L 的 NaCl 处理后其 3 种芥子油苷(芝麻菜苷、芸苔葡萄糖苷和 4-羟基-芸苔葡萄糖苷)含量显著提高,与此同时,黑芥子酶活性受到抑制,芥子油苷的主要代谢产物萝卜硫素的含量显著提高。因此,用适宜浓度的 NaCl 处理西兰花幼苗对于生产营养价值更高的蔬菜有一定的指导作用。硒元素是人体必需的微量元素。Avila 等^[50]研究发现,用硒酸钠和亚硒酸钠处理西兰花幼苗,可以提高其抗癌化合物(芥子油苷和甲基硒代半胱氨酸)以及硒元素的含量。因此,在农业生产中,可以考虑用硒元素来提高十字花科蔬菜中特有的营养物质的含量。

2.5 氨基酸对十字花科芽菜中营养物质含量的影响

氨基酸是十字花科蔬菜中芥子油苷合成时所必需的原料。Traka 等^[51]研究发现,蛋氨酸、色氨酸分别是脂肪族和吲哚族芥子油苷合成的前体物。Pérez-Balibrea 等^[37]发现,用蛋氨酸和色氨酸分别处理生长中的西兰花幼苗并不能提高维生素 C 和酚类化合物的含量,然而,用 5 mM 的蛋氨酸处理西兰花幼苗,其脂肪族芥子油苷含量提高 32%,用 10 mM 的色氨酸处理西兰花幼苗,其吲哚族芥子油苷含量是未处理西兰花的 1.8 倍。因此,利用某些氨基酸处理西兰花幼苗也是提高其营养物质尤其是芥子油苷含量的有效方法。

3 展望

随着人们生活水平的提高以及健康饮食意识的增强,具有食疗作用的十字花科芽菜越来越受到消费者的青睐。十字花科芽菜中含有丰富的极具生理活性的营养物质,如芥子油苷及其代谢产物、维生素、酚类化合物等。然而,由于这些物质的不稳定性或含量有限性,使得十字花科芽菜在生长、加工和贮藏等过程中很容易遭到破坏而降低其营养价值。因此,如何在这些方面提高其营养物质的含量、减少营养物质的损失有着重要的意义。目前,国内外研究主要集中在芽菜生长过程中的环

境条件、施用外源物质对其营养物质含量的变化上,但相关的机理以及加工贮藏条件对其含有的生理活性物质影响的研究鲜有报道。因此可以考虑从以下几方面进行深入研究:一是从分子层面上进一步研究生长条件、外源物质诱导其营养物质含量变化的机理,以期更好地指导实践和应用;二是通过改造相关营养物质合成及调控过程中的基因表达水平,来筛选或优化营养价值更高的芽菜品种;三是从加工和贮藏的角度研究如何减少芽菜中营养物质的损失。

参考文献

- [1] Gossiau A, Chen K Y. Nutraceuticals, apoptosis, and disease prevention [J]. Nutrition, 2004, 20(1): 95-102.
- [2] Gundgaard J, Nielsen J N, Olsen J, et al. Increased intake of fruit and vegetables: estimation of impact in terms of life expectancy and healthcare costs [J]. Public Health Nutrition, 2003, 6(1): 25-30.
- [3] Hashimoto K, Kawamata S, Usui N, et al. *In vitro* induction of the anti-carcinogenic marker enzyme, quinone reductase, in human hepatoma cells by food extracts [J]. Cancer Letters, 2002, 180(1): 1-5.
- [4] Temple N J. Antioxidants and disease: More questions than answers [J]. Nutrition Research, 2000, 20(3): 449-459.
- [5] Jeffery E H, Brown A F, Kurilich A C, et al. Variation in content of bio-active components in broccoli [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2003, 16(3): 323-330.
- [6] Kurilich A C, Tsau G J, Brown A, et al. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1576-1581.
- [7] Vallejo F, Tomas-Barberan F A, Garcia-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain [J]. Journal of the Science of and Agriculture, 2002, 82(11): 1293-1297.
- [8] Van den Berg H, Faulks R, Granado H F, et al. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7): 880-912.
- [9] Hanlon P R, Barnes D M. Phytochemical composition and biological activity of 8 varieties of radish (*Raphanus sativus* L.) sprouts and mature taproots [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(1): C185-C192.
- [10] Cevallos-Casals B A, Cisneros-Zevallos L. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1485-1490.
- [11] Fahey J W, Zhang Y S, Talalay P. Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens [J]. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 1997, 94(19): 10367-10372.
- [12] Fahey J W, Wehage S L, Holtzclaw W D, et al. Protection of humans by plant glucosinolates: efficiency of conversion of glucosinolates to isothiocyanates by the gastrointestinal microflora [J]. Cancer Prevention Research, 2012, 5(4): 603-611.
- [13] Gu Z X, Guo Q H, Gu Y J. Factors influencing glucoraphanin and sulforaphane formation in brassica plants: A Review [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(11): 1804-1816.
- [14] Gerendas J, Breuning S, Stahl T, et al. Isothiocyanate concentration in kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes*) plants as influenced by sulfur and nitrogen supply [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(18): 8334-8342.

- [15] Wittstock U, Halkier B A. Glucosinolate research in the Arabidopsis era [J]. Trends in Plant Science, 2002, 7(6): 263-270.
- [16] Bones A M, Rossiter J T. The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates[J]. Phytochemistry, 2006, 67(11): 1053-1067.
- [17] Talalay P. Chemoprotection against cancer by induction of phase 2 enzymes[J]. B Biofactors, 2000, 12(1-4): 5-11.
- [18] Guerrero-Beltran C E, Calderon-Oliver M, Pedraza-Chaverri J, et al. Protective effect of sulforaphane against oxidative stress; Recent advances[J]. Experimental and Toxicologic Pathology, 2012, 64(5): 503-508.
- [19] Davey M W, Van Montagu M, Inze D, et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7): 825-860.
- [20] Vallejo F, Tomas-Barberan F A, Garcia-Viguera C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002, 82(11): 1293-1297.
- [21] Stampfer M J, Rimm E B. Epidemiologic evidence for vitamin-E in prevention of cardiovascular-disease[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1995, 62(6): 1365-1369.
- [22] Piironen V, Syvaöja E L, Varo P, et al. Tocopherols and tocotrienols in finnish foods-vegetables, fruits, and berries[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1986, 34(4): 742-746.
- [23] Rice Evans C A, Sampson J, Bramley P M, et al. Why do we expect carotenoids to be antioxidants in vivo? [J]. Free Radical Research, 1997, 26(4): 381-398.
- [24] Muller H. Determination of the carotenoid content in selected vegetables and fruit by HPLC and photodiode array detection[J]. Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung A-Food Research And Technology, 1997, 204(2): 88-94.
- [25] Hou D X. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins[J]. Current Molecular Medicine E, 2003, 3(2): 149-159.
- [26] Lila M A. Anthocyanins and human health: An in vitro investigative approach[J]. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2004(5): 306-313.
- [27] Yuan G F, Wang X P, Guo R F, et al. Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts[J]. Food Chemistry, 2010, 121(4): 1014-1019.
- [28] Podsedek A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables; A review[J]. Lwt-Food Science and Technology, 2007, 40(1): 1-11.
- [29] Cook N C, Samman S. Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 1996, 7(2): 66-76.
- [30] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26(9-10): 1231-1237.
- [31] Vinson J A, Dabbagh Y A, Serry M M, et al. Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in-vitro oxidation model for heart-disease[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(11): 2800-2802.
- [32] Ciska E, Honke J, Kozłowska H. Effect of light conditions on the contents of glucosinolates in germinating seeds of white mustard, red radish, white radish, and rapeseed[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(19): 9087-9093.
- [33] Pérez-Balibrea S, Moreno D A, Garcia-Viguera C. Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(5): 904-910.
- [34] Rosa E, Heaney R K, Rego F C, et al. The variation of glucosinolate concentration during a single day in young plants of *Brassica oleracea* var *acephala* and *capitata*[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1994, 66(4): 457-463.
- [35] Rosa E, Rodrigues P. The effect of light and temperature on glucosinolate concentration in the leaves and roots of cabbage seedlings[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998, 78(2): 208-212.
- [36] Kim H J, Chen F, Wang X, et al. Effect of methyl jasmonate on phenolics, isothiocyanate, and metabolic enzymes in radish sprout (*Raphanus sativus* L.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(19): 7263-7269.
- [37] Pérez-Balibrea S, Moreno D A, Garcia-Viguera C. Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation[J]. Food Chemistry, 2011, 129(1): 35-44.
- [38] 初敏, 王秀峰, 王淑芬, 等. 外源 SA 预处理对低温胁迫下萝卜幼苗的生理效应[J]. 西北农业学报, 2012(2): 142-145.
- [39] Rolland F, Moore B, Sheen J. Sugar sensing and signaling in plants[J]. Plant Cell, 2002, 14: 185-205.
- [40] Hara M, Oki K, Hoshino K, et al. Effects of sucrose on anthocyanin production in hypocotyl of two radish (*Raphanus sativus*) varieties[J]. Plant Biotechnology, 2004, 21(5): 401-405.
- [41] Guo R F, Yuan G F, Wang Q M. Sucrose enhances the accumulation of anthocyanins and glucosinolates in broccoli sprouts[J]. Food Chemistry, 2011, 129(3): 1080-1087.
- [42] Guo R F, Yuan G F, Wang Q M. Effect of sucrose and mannitol on the accumulation of health-promoting compounds and the activity of metabolic enzymes in broccoli sprouts[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 128(3): 159-165.
- [43] 王春玮, 朱启忠, 麻小刚, 等. 壳聚糖对萝卜种子萌发及幼苗生理生化特性的影响[J]. 北方园艺, 2009(6): 61-62.
- [44] Zhou C G, Zhu Y, Luo Y B. Effects of Sulfur Fertilization on the Accumulation of Health-Promoting Phytochemicals in Radish Sprouts[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(31): 7552-7559.
- [45] Pérez-Balibrea S, Moreno D A, Garcia-Viguera C. Glucosinolates in broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*) as conditioned by sulphate supply during germination[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(8): 673-677.
- [46] Fahey J W, Zalcmann A T, Talalay P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants[J]. Phytochemistry, 2001, 56(1): 5-51.
- [47] Gerendas J, Breuning S, Stahl T, et al. Isothiocyanate concentration in kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes*) plants as influenced by sulfur and nitrogen supply[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(18): 8334-8342.
- [48] Aires A, Rosa E, Carvalho R. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(10): 1512-1516.
- [49] Guo R F, Yuan G F, Wang Q M. Effect of NaCl treatments on glucosinolate metabolism in broccoli sprouts[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2013, 14(2): 124-131.
- [50] Avila F W, Faquin V, Yang Y, et al. Assessment of the Anticancer Compounds Se-Methylselenocysteine and Glucosinolates in Se-Biofortified Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Sprouts and Florets[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(26): 6216-6223.
- [51] Traka M, Mithen R. Glucosinolates, isothiocyanates and human health [J]. Phytochemistry Reviews, 2009, 8(1): 269-282.

被征地农民“一夜暴富”后非理性消费原因及对策

胡世勇

(石河子大学 经济与管理学院,新疆 石河子 832000)

摘要:通过网路媒体和实际调研,研究了被征地农民“一夜暴富”后的思维现状。结果表明:农民在获得巨额征地补偿费用后的前两三年内,聚众赌博、穿名牌、买豪车等现象频繁发生,消费呈现极端非理性;文章在分析产生这些现象原因基础上,从长久生计的角度,就如何让被征地农民更加合理使用补偿款提出了建议。

关键词:被征地农民;“一夜暴富”;非理性消费

中图分类号:F 32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)15-0214-03

城镇化是人类社会发展的客观规律。随着工业化步伐的不断推进,城镇化已成为社会发展的必然趋势。2002年以来,我国城镇化建设发展迅猛,城镇化建设进度明显加快。最新数据显示,截至2013年年底,我国城镇化率达到53.73%,较2002年上涨14.64个百分点^[1]。农民的生存环境日益得到改善,农村的面貌发生了翻天覆地的变化。广大农村地区,特别是城市郊区越来越多的农业用地、宅基地逐渐用于城市建设以及其它公共设施建设,从而孕育出当今社会一类独特群体-被征地农民。

这些农民群体在失去赖以生存的生产资料和生活资料后,换来了“巨额”补偿款,他们的收入瞬间急剧增加,可谓“一夜暴富”。根据2014年中央一号文件精神了解到,各级地方政府已将保障农民在失去土地后长期获益列为工作重心之一,积极制订出台相关法律法规条文,规范征地补偿制度。

作者简介:胡世勇(1990-),男,安徽六安人,硕士研究生,现主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail:674365416@qq.com.

收稿日期:2014-04-18

目前,学界关于城镇化进程中被征地农民问题的研究,主要集中于探讨被征地农民安置补偿、社会保障等方面。但在农民“一夜暴富”后,关注被征地农民消费行为的很少,从理论层面去研究探讨被征地农民获得补偿费用后非理性消费原因的几乎没有。文章在分析产生“一夜暴富”原因基础上,从长久生计的角度,就如何让被征地农民更加合理使用补偿款提出相应建议。

1 被征地农民“一夜暴富”后的消费行为

征地补偿费是指国家或地区因经济建设发展和规划的需要,依据相关法律法规,给予被征地单位和个人补偿的一批费用。包括安置补助费、土地补偿费、地上附着物和青苗补偿费4部分。当前,政府部门只有在《物权法》、《土地管理法》等法律法规背景下,足额支付给农民合理的征地补偿费用,妥善解决征地农民的社会保障问题,才能迅速高效征收农村集体所有土地^[2]。由于我国地大物博,各地区土地条件悬殊明显,因此农民获得的征地补偿费用存在着一定差异性。

Effect of Elicitors on the Health-promoting Phytochemicals in Cruciferous Sprouts

ZHAO Xiao-guo, ZHU Yi, LUO Yun-bo

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: In recent years, seedling vegetables have been more and more popular in consumers due to their rich nutrients. Many studies reported that the health-promoting phytochemicals in seedling vegetables were much higher than mature vegetables. The nutrients in cruciferous sprouts not only include vitamin C, vitamin E, phenolic compounds, carotenoids and anthocyanins, but also glucosinolates and isothiocyanates. In this paper, it was reviewed the research progress in different elicitors on the health-promoting phytochemicals in cruciferous sprouts during vegetation process, to provide the reference in manufacturing practices.

Key words: elicitors; cruciferous; sprouts; phytochemicals