

File No. 27

蔬菜中的硝态氮

氮 (N) 是植物生长所需三大养分之一，氮既是作为植物细胞原生质的蛋白质的主要成分，也是叶绿素，酶，植物激素，核酸等在植物生育上具有重要生理作用物质的构成成分。若植物缺氮的话，会显著抑制植物的生长。

地球上的氮随着生物活动可以改变其形态，在自然界里不断地进行着氮循环。单纯的氮气分子和氨态氮，硝态氮等无机态氮化合物可以被植物或微生物同化成氨基酸，蛋白质等有机态氮化合物，有机态氮化合物又可以被动物和微生物进行分解，再次回到无机态氮化合物的形态。一般来说，植物只能吸收利用氨态氮和硝态氮，特别是陆生植物一般都嗜好吸收硝态氮。所谓硝态氮，就是以硝酸离子 (NO_3^-) 的形态存在的无机态氮化合物。

硝态氮被植物的根吸收后，可以直接以硝酸离子的形态输送到茎叶等地面上部，与光合作用合成的糖类等碳水化合物进行反应合成氨基酸，再合成蛋白质等有机态氮化合物来构成植物组织和各种生理物质。因此，植物体内里积储着硝酸离子是正常的现象，特别是叶片和嫩梢常常含有高浓度的硝态氮。蔬菜类，特别是地上部以叶片为主的各种叶菜类都含有高浓度的硝酸离子。2002～2004 年度日本的独立行政法人（官方机构的一种）农林水产消费技术中心对市面上销售的部分国产蔬菜中所含的硝态氮浓度进行了调查，其结果如表 1 所示。

表 1. 市面上销售的日本国产蔬菜的硝态氮浓度（2002～2004 年度的调查结果）

蔬菜种类	调查样品数	硝酸离子(NO_3^-)浓度 (mg/kg)		
		平均值	中央值	最大值
包心菜	189	679	641	3,150
白菜	186	1,320	1,210	4,850
结球生菜	174	1,060	965	2,780
小松菜	197	4,060	4,070	9,490
菠菜	208	3,070	2,990	9,220
青梗白菜	20	2,750	2,690	4,440
野泽菜	20	2,840	2,840	3,890
芜菁（根）	20	1,630	1,750	3,210
芜菁（叶）	20	3,540	4,040	6,060
茼蒿	20	2,940	2,830	5,380
韭菜	20	1,780	1,860	2,700
高菜	20	3,580	3,670	6,650
苔菜	20	3,340	3,910	4,380

硝态氮是植物生长必不可缺的氮源，处于营养生长期，特别是生长旺盛期的植物需要吸收大量的氮养分储存在体内供应生长的需求，所以体内硝态氮的含量会显示出较高的数值。另

外，蔬菜种类（叶菜类，果菜类，根菜类），收获时期（季节，清晨摘采，傍晚摘采）和栽培环境条件（土壤，日照，气温等）等也会对作为收获物的蔬菜体内的硝态氮含量有较大的影响。一般来说，以生育途中的茎叶为食用部分的叶菜类（菠菜，生菜，青梗白菜等）的硝酸离子浓度高，以果实为食用部分的果菜类（西红柿，茄子等）则硝酸离子浓度较低。氮肥的过剩施用会使蔬菜大量吸收氮养分，导致体内的硝酸离子浓度增高。日照不足或高温，低温等使得光合作用受到抑制，没有足够的光合产物来与硝酸离子反应生成氨基酸和蛋白质的情况下，吸收了的硝酸离子只能积累在蔬菜体内，更会引起硝酸离子浓度的增高。

关于蔬菜里的硝态氮，世间对此有很大的误解。特别是某些群体特意传播蔬菜中的硝态氮具有很强的毒性，会引起高铁血红蛋白症和诱发癌症等耸人听闻的内容。有机食品关系人员和厂商，销售商更是热心吹嘘有机栽培的蔬菜硝态氮含量低，安全性高等，诱导消费者高价购买所谓的有机食品。

对于蔬菜中含有的硝态氮的误解，有必要以科学的态度进行对待，用事实来进行纠正。以下就根据实验数据和科学分析来对在日本社会里流传的一些关于蔬菜中硝态氮的传说进行批驳。

首先是「硝态氮的毒性很强，青梗白菜所含的硝酸盐的量只需吃 1.5 株就有可能导致死亡」等有关硝态氮毒性的传说。实际上，硝态氮对于哺乳动物来说是普通物质，没有毒性。使用小白兔进行的致死实验证明，硝酸离子的 LD₅₀（半数致死量，即能杀死一半试验个体的有害物质、有毒物质或游离辐射的剂量）是 2500~6250 mg/kg，硝酸钠的 LD₅₀ 是 3700mg/kg，与每天做菜时使用的食盐（氯化钠）的 LD₅₀ 3000mg/kg 基本相等。

另一方面，硝酸离子可以被微生物还原成亚硝酸离子。亚硝酸离子具有一定的毒性，对小白鼠的 LD₅₀ 是 214mg/kg，要比硝酸离子低 1 个数量级。但是，植物体内基本上不存在亚硝酸离子，这是因为硝酸离子在植物细胞内转变成亚硝酸离子后马上就会还原成氨离子，立即与碳水化合物合成氨基酸，不会保持亚硝酸离子的状态。硝酸离子在植物体外转变成亚硝酸离子的还原反应需要有微生物的存在，人体在食用蔬菜时，口腔中的细菌等有可能会将极其微量的硝酸离子还原成亚硝酸离子，但是食入到胃中后的硝酸离子因为胃酸的存在不会发生还原反应生成亚硝酸离子。因此，蔬菜中的硝酸离子含量再高也不会引起亚硝酸离子的中毒症状。

其次是广泛流传的有关菠菜中的硝态氮引起婴幼儿高铁血红蛋白症的传言。在日本流传的内容是 1956 年美国在给婴儿食用捣烂的菠菜做成的离乳食后，婴儿的脸色发青，不到 30 分钟后就濒临死亡，共有 278 名婴儿中毒，其中 39 名死亡。该传言出自 2000 年宝岛社出版的河野武平著的「蔬菜引起糖尿病！？」一书。但是，这个传言完全是谎话。根据美国的官方文件和科学论文，1945 年美国爱荷华州发现了 2 名婴儿喝了奶粉后出现发绀，皮肤呈现蓝紫色的症状，经过医生和研究机构的调查，判明是使用了含有高浓度硝酸离子的井水调制的奶粉导致发生了高铁血红蛋白症。后来的详细调查证实了井水中的硝酸离子来源于施用到牧草地上的家畜粪尿，这些粪尿渗入到地下水中污染了井水。

根据美国关于婴儿高铁血红蛋白症的研究报告，生后 3 个月以内的婴儿的胃尚未能够正常

地分泌胃酸，胃里的 pH 较高，能够容忍某些微生物的生存，通过食品进入到胃里的硝酸离子有可能被微生物还原成亚硝酸。亚硝酸离子透过消化道进入到血液后，与红血球中的血红蛋白结合，将血红蛋白的 2 价铁氧化成 3 价铁，成为高铁血红蛋白，失去搬运氧的功能，从而引起高铁血红蛋白症。

1951 年，美国公共卫生联合会的委员会为了决定水中硝态氮含量的安全值，进行了全国范围的调查，收集到 278 例病例，其中有 39 例死亡例。最终得出了婴儿高铁血红蛋白症的发生与井水中的硝态氮浓度有正相关的结论。随后，美国农村的饮用水质得到很大的改善，从 1950 年代起婴儿高铁血红蛋白症的发生病例急速降低，到 1960 年代中期为止只有 2 例新的发生报告。从 1960 年代中期起到就完全没有婴儿高铁血红蛋白症的发生报告。

第 3 个是硝态氮会诱发癌症的传言。其根据是硝酸盐有可能与作为致癌物质的亚硝基化合物的形成有关。前面已经指出了硝酸离子没有毒性，成年人每次食用 10~20g 硝酸钠都不会出现急性中毒现象。但是，硝酸盐可以被还原成亚硝酸盐，亚硝酸盐有可能通过微生物的作用与胺类结合生成亚硝胺，而亚硝胺则被认定为致癌物质。

以欧美各国为中心对从食物中摄取的硝酸盐与致癌性的关系进行了很多的研究，到现在为止尚没有食品中的亚硝胺化合物与致癌有明确关联性的疫学调查报告。联合国粮农组织 (FAO) 以及世界卫生组织 (WHO) 的关于食品添加剂共同专家会议在 1995 年提出了作为食品添加剂的硝酸盐(硝酸钠)的每日允许摄入量(ADI)设定值为 0~5mg(硝酸离子换算为 0~3.7mg) /公斤体重，同时还特别记载了以下的意见。「蔬菜是硝酸盐的主要摄入来源，蔬菜对人体的有用性已被周知，但我们没能得出蔬菜中的硝酸盐能够有多少进入到血液的数据。因此，直接将从蔬菜中摄取的硝酸盐量与 ADI 来进行比较，或者用 ADI 来设定蔬菜中的硝酸盐基准值是不适当的。」

第 4 个是牛吃了牧草后中毒死亡是因为牧草中含有高浓度硝态氮的传言。该传言的源头是日本的某一非政府组织(NPO 法人)在 1999 年 10 月~2000 年 11 月出版的小报「月刊 Polan」上刊载的西村和熊的文章。该文中作者写道「在 1994 年干旱缺水时北海道饲养的大批牛吃了牧草后死去，死因是牧草含有高浓度的硝态氮」。这是 20 多年前发生的大事件，但是在报纸和电视上完全没有看到有关该事件的报道，政府机关和研究机构也没有关于该事件的发表和报告。如果确实发生了这类事件，以报道机构为首，日本国内一定会出现大骚动。因此可以判断该传言并不是事实。

根据日本农业灾害补偿制度的统计数据，每年都会有数 10 头牛因硝酸盐中毒而出现死伤，最多的年份会超过 100 头。必须注意的是，硝酸盐引起的家畜中毒仅限于牛，其他家畜不会发生硝酸盐中毒。这是因为牛的消化道具有特殊性而引起的。牛有 4 个胃，第 1~3 个胃是供吃下的食物进行反刍的，第 4 个胃才是用于消化的。第 1 个胃被称为瘤胃，是最大的胃。成年牛的瘤胃容积约为 100 升，里面生息着许多微生物。瘤胃主要是用来贮存吃下的食物，同时让微生物对食物进行发酵分解，使得食物更容易消化吸收。牧草中的硝态氮就是在瘤胃中被微生物还原成亚硝酸而引起中毒症状。牛的硝酸盐中毒都发生在春夏牧草旺盛生长季节，大量地摄食了新鲜牧草后发生的，并且与牛的体质和健康状况有关。通常牛的硝酸盐中毒都

是散发的，没有集中发生的现象，更不会有大批牛一起发生中毒。

第 5 个传言是有机栽培蔬菜的硝态氮含量低，使用化肥栽培的蔬菜中硝态氮含量高，所以有机栽培蔬菜最安全。特别是信仰有机农业的部分组织和个人最积极宣传这个传言。但是，有机栽培蔬菜的硝态氮含量低，化肥栽培蔬菜的硝态氮含量高并不是事实。这个谬论的根据是某些组织和个人自行发表的有关有机栽培蔬菜的硝态氮含量低的数值。但是这些数值绝大多数只是公布了含量数据，并没有注明所采用的调查方法，取样方法和分析方法等，经不起科学验证。

关于蔬菜中的硝态氮含量，日本土壤肥料学会出版的日本土壤肥料学杂志第 71 卷第 5 号（2000 年）上刊登了 1 编论文，其内容是将日本国内市面上销售的青菜汁，西红柿汁，青汁，果汁共 88 种（国产 74 种，进口 14 种）为样品，按照包装上表示的有机栽培和非有机栽培来分别进行硝态氮含量的分析，结果是有机栽培和非有机栽培之间并没有有意义的差别。另 1 编论文刊登在农业和园艺杂志的第 71 卷第 11 号（1996 年）上，其内容是与通常施用化肥的栽培相比，施用有机肥料的蔬菜中硝态氮的浓度反而更高。

绝大多数的植物科学家和农业科研人员都不认为蔬菜的有机栽培和通常栽培在蔬菜体内的硝态氮积储量上存在差异。这是因为有机肥料中的有机态氮不能直接被植物吸收利用，必须要被土壤中的微生物分解成氨态氮和硝态氮后才能被吸收利用。特别是旱地作物嗜好吸收硝态氮，不仅是有机态氮，尿素以及硫酸铵之类氨态氮都需要经过土壤微生物分解成硝态氮后才容易被植物吸收。关于这方面的资料，可参考本书的「硝态氮和氨态氮的异同」这篇文章。

因此，完全不用化肥，只用有机肥料栽培的场合，若是有机肥料施用量少的话，分解生成的硝态氮少，蔬菜吸收量也少，有可能抑制蔬菜体内的硝态氮浓度，但会因氮养分不足影响蔬菜生长。若大量施用有机肥料的话，分解形成的硝态氮会大量地被蔬菜吸收积储在体内，与施用化肥的栽培没有任何差别。最好的证据就是，1940 年代美国发生的婴儿高铁血红蛋白症就是因为大量施用到牧草地上的家畜粪尿分解后形成的硝态氮污染了地下水而引起的，与化肥没有任何关系。

对食品中的硝态氮含量管制最严格的是欧盟（EU）。表 2 是欧盟在 2011 年改订后的食品中硝态氮含量的基准值。

必须注意的是，2011 年欧盟在改订蔬菜中的硝态氮含量基准值时，考虑到虽然按照优良农业措施（GAP）进行栽培但因为气候的缘故，收获物中的硝态氮含量常有超出基准值的现象，以及来自欧洲食品安全机构（EFSA）关于食品链污染物质的科学委员会对叶菜类所含的硝态氮对婴幼儿健康影响的危险性不高的评价和助言，专门提高了蔬菜类中硝态氮含量的基准值。另外，因为判明了芝麻菜嫩叶中含有很高浓度的硝态氮，所以新设定了专门对应芝麻菜的硝态氮基准值。

现在，世界各国政府机构对蔬菜中的硝态氮含量设定了基准值的只有欧盟。日本政府参照 1995 年联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）共同设置的食品添加物专家会议的结论和会议对蔬菜中硝态氮的说明，认为没有必要在现阶段对蔬菜中的硝态氮含量设定基准值来进行限制。美国，澳大利亚等先进国的政府也具有同样的看法，所以没有对蔬菜的硝

态氮设定基准值。

表 2. 食品中硝态氮的基准值（欧盟，2011 年）

种类	基准值 (NO_3^- 浓度 mg/kg)	
	2011 年基准值	2011 年改订前
新鲜菠菜	3,500	3,000 (10~3 月收获) 2,500 (4~9 月收获)
保存加工后的冷藏菠菜	2,000	2,000
结球生菜	2,500	2,500
	2,000	2,000
其他生菜	5,000	4,500
	4,000	4,000
	4,000	3,500
	3,000	2,500
芝麻菜	7,000	—
	6,000	—
婴幼儿用离乳食品，谷物加工食品	200	200

若想降低蔬菜中的硝态氮含量，其关键是按照蔬菜的成长状态进行合理施肥，特别是氮肥的数量来抑制土壤中的硝态氮浓度，减少蔬菜对硝态氮的过剩吸收。具体的方法是根据土壤诊断进行施肥设计和适时适量施肥，减少不必要的氮肥施用量，采用缓释性肥料等来防止土壤中氮养分的过剩溶出释放。这样做既能促进蔬菜的正常生长，又能防止蔬菜体内过量积储硝态氮。