

File No. 67

氨基酸的肥料效果

氨基酸 (amino acid) 是一群由氨基 (-NH₂) 和羧基 (-COOH) 结合而成的含氮有机化合物的统称，为构成蛋白质的基本单位。自然界里已经知道存在有 20 种天然氨基酸，广泛使用的「味精」调味料的主成分谷氨酸就是氨基酸的一种。

氨基酸中含有氮，能否作为氮肥直接被植物吸收利用？从 20 世纪起，就有人对这个问题开始了研究。1946 年芬兰的植物科学家 Virtanen 和 Linkola 报告说发现豆科植物的根有可能直接吸收氨基酸之后，其他科学家的追加研究也证实了这个结果。1979 年和 1981 年，科学家用放射性同位素 ¹⁴C 标记的谷氨酰胺进行实验，确认大麦的根可以直接吸收谷氨酰胺，吸收到根内的谷氨酰胺在 10 分钟以内就进入了谷氨酰胺 → 谷氨酸 → γ 氨基丁酸 → 琥珀酸的代谢途径。用放射性同位素 ¹⁴C, ³H, ¹⁵N 进行 3 重标记的精氨酸被吸收进入植物体内 30 分钟后就被代谢生成尿素和鸟氨酸，之后又被合成为谷氨酸（资料 1 和 2）。因此，确认了氨基酸可以直接被植物的根吸收，并且吸收后很快就会进入代谢途径，迅速地被分解合成为其他的有机化合物。

植物根对氨基酸的吸收是通过称为氨基酸转运蛋白 (amino acid transporter) 的特殊的输送物质进行的。氨基酸转运蛋白存在于各种植物组织（根，叶，茎，花和果实）的细胞膜上，它能与氨基酸结合，引导氨基酸穿越细胞膜进入细胞内。因此，只要氨基酸能够通过植物组织的细胞壁，到达细胞膜上，就有可能与氨基酸转运蛋白结合吸收进入细胞里（资料 3）。

关于氨基酸的肥料效果，日本东京大学的森和西泽 2 名教授在 1970~1980 年代进行了详细的研究。他们用水稻和大麦为材料，只以各种氨基酸为氮源，不加任何无机态氮肥进行的水培实验的结果是，与作为对照的硝酸态氮相比，供试植物的生长大体相同或稍显劣势。但是在冷害等低温日照时间少的恶劣环境下，谷氨酸，天冬氨酸，精氨酸等高含氮的氨基酸为氮源的植物其生长要比以硝酸态氮为氮源的要好。推测是因为冷害时光照强度不足，植物的光合成机能低下，根吸收了的硝酸态氮和氨态氮没有足够的光合产物可供其合成氨基酸和蛋白质，只能滞留储集在细胞里，影响了植物生长。与此相比，吸收了的氨基酸则可以直接进入植物体内的氨基酸代谢，顺当地合成蛋白质，保持了组织的健全性，部分抵消了恶劣环境带来的不良影响（资料 4 和 5）。

但是，亦有多数的研究结果表明缬氨酸，亮氨酸，异亮氨酸等带有支链的氨基酸和苯基丙氨酸，酪氨酸等芳香族氨基酸对于植物来说会给生长带来不良影响。其理由推测是这些带支链的氨基酸和芳香族氨基酸在植物细胞里是位于氨基酸代谢径路末端的氨基酸，难以再度代谢转换成其他氨基酸。因此，植物直接吸收了这类氨基酸后，只能是供用于合成蛋白质，不容易转换代谢成其他氨基酸。过剩地吸收了这类氨基酸而不能及时用于合成蛋白质的话，就只能储存在植物细胞内，影响植物组织的新陈代谢，容易诱发根和叶，穗的畸形和限制植物生长（资料 4 和 5）。

还有较多的研究结果表明多种氨基酸的混合物的肥料效果比不上单一的谷氨酸和天冬氨酸

的肥效。其原因被认为与植物体内的氨基酸和蛋白质代谢有关。如图 1 所示，被根吸收的氨进入到细胞内，最先是被合成谷氨酸，谷氨酸再转化为天冬氨酸和精氨酸。然后再以这 3 种氨基酸为原料转换成其他的氨基酸，进一步合成各种蛋白质。位于细胞里的氨基酸代谢途径的中间或末端的氨基酸难以转换成位于代谢途径前端的谷氨酸，天冬氨酸和精氨酸等，只能用于合成蛋白质。这些氨基酸代谢末端的氨基酸在过剩的情况下有可能阻碍细胞里其他物质的代谢，影响了细胞机能的正常运转，对植物生长造成不良影响。因此，外部施与的氨基酸并不是全部都有利于植物生长的。

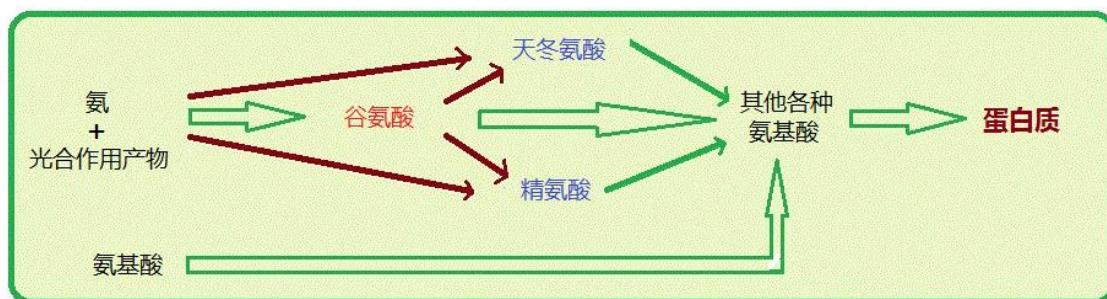


图 1. 植物细胞内的蛋白质合成途径

被根吸收，进入到植物细胞内的氨基酸举动和代谢途径等尚未完全搞清楚，但从上述的研究成果来看，可以确定植物能够直接吸收氨基酸，而且被吸收的氨基酸在植物体内有着不同于氨和硝酸等无机态氮的生理作用。但是，含有多量动植物蛋白质的菜籽粕，豆饼，鱼粉等有机肥料施用于土壤后，随着蛋白质被土壤微生物的分解，土壤中的氨基酸浓度会大幅度上升（资料 6）。因此，不需要直接施用氨基酸，只要是含有蛋白质的有机肥料，施用到土壤中亦可以得到类似于施用氨基酸的同等效果。

另一方面，有报告称氨基酸的肥料效果因植物种类不同而相异，即氨基酸的吸收利用能力亦与植物种类有关。但其机制尚未搞清楚（资料 7）。

受到植物能够直接吸收利用氨基酸的科研成果的影响，自 1990 年代开始就有一部分肥料厂家用「氨基酸肥料」的名称生产和销售添加了氨基酸的肥料。特别是添加有氨基酸的叶面散布用的液体肥料在市场上得到了一定的认可。

市面上销售的氨基酸肥料，按照其原料氨基酸的来源可以分为以下 3 类。

1. 用动植物蛋白质的水解成分为原料的氨基酸肥料

用酸碱或酶对动植物蛋白质进行水解，将生成的分解物作为原料制造的氨基酸肥料。其特征是多种水解氨基酸的混合物，此外还含有氨基酸之外的其他水解产物。原料蛋白质多数是使用动物来源的胶原蛋白和明胶。因为这类蛋白质的纯度高，结构简单，容易加水分解成氨基酸，分解产物中的直链氨基酸含量高。

图 2 是日本市面上销售的使用动物性蛋白质胶原和明胶的水解产物为原料的氨基酸液体肥料。



图 2. 以动物性蛋白质的水解产物为原料的氨基酸液体肥料

2. 使用微生物发酵法生成的氨基酸为原料的氨基酸肥料

通过微生物发酵，可以获得某些特定的氨基酸。著名的味精（谷氨酸钠）就是采用微生物发酵法制造的。微生物发酵生成的氨基酸质量好，但成本高，不合适直接用于肥料。通常都是利用发酵法生产了食品或饲料用氨基酸之后留下的分离母液作为原料来生产氨基酸肥料。这类发酵法的母液原料的特征是只含有一种或数种氨基酸，纯度高，其他不纯物含量少。

图 3 是用甘蔗或甜菜的糖蜜和淀粉等为原料经过微生物发酵，提取了氨基酸之后的母液为原料制造的氨基酸肥料。A 是将母液浓缩后制造的液体肥料，氨基酸浓度达到 15% 以上。B 是其他肥料原料添加了母液后造粒而成的固体颗粒复合肥料。



图 3. 发酵法生产氨基酸后的母液为原料的氨基酸肥料

3. 以农牧渔业的废弃物为原料的氨基酸肥料

使用强酸强碱或微生物对米糠或豆饼的等农牧业废弃物进行处理得到的产物中含有一定量的氨基酸，用强酸处理鱼鳞和鱼内脏等渔业废弃物也可以得到含有氨基酸的分解物。可以用这些产物作为氨基酸肥料的原料。这类原料的特征是氨基酸的种类和含量不明，氨基酸以外的杂质特别多，与普通的有机肥料没有太大的差别。

图 4 是通过微生物发酵将农牧渔业的废弃物中的蛋白质分解成氨基酸后的产物为原料的氨基酸肥料。



图 4. 以农牧渔业废弃物为原料发酵而成的氨基酸肥料

对于日本市面上销售的氨基酸肥料，特别是氨基酸液体肥料，必须注意的是它们基本上都是将尿素，磷酸二氢铵，磷酸二氢钾和微量元素等溶解到含有氨基酸的溶液中，调节了浓度和 pH 后作为氨基酸液体肥料出售的。实际上其配方都是以通常的液体肥料或叶面散布肥料为基础，只是将水换成了氨基酸溶液而已。因为日本的法律不承认氨基酸单独作为肥料，肥料种类中没有氨基酸肥料的设定，所以在肥料登记上也是作为液体复合肥进行登记的。通常，氨基酸肥料的效果基本上都是来自尿素，磷酸二氢铵，磷酸二氢钾和微量元素，氨基酸所起的作用不易测定。

固体的氨基酸复合肥也是以尿素，硫酸铵，磷酸一铵，氯化钾等单质化肥为原料生产复合肥时，加上了一些米糠和豆饼之类的农牧业废弃物，用农牧渔业副产品的蛋白质水解液或提取了氨基酸之后的发酵母液造粒而成的。当然这类复合肥也只能是用有机/无机复合肥的名义进行肥料登记。

另外还有一些用氨基酸的工业发酵法排出的发酵残渣为原料做成的肥料也被称之为氨基酸肥料或氨基酸有机肥料。发酵残渣的主要成分是发酵后分离出的发酵用微生物的菌体，除了含有有机氮磷化合物外，还残存有一定量的氨基酸。在日本，这类发酵残渣归类为菌体肥料，与其他菌体肥料（用微生物处理食品工业废水等后分离出的残渣）同等待遇，没有特别的优惠。

如上所述，在低温日照不足等恶劣气候导致植物生长不良时，使用含有游离氨基酸，特别是谷氨酸，天冬氨酸，精氨酸等直链氨基酸和磷酸二氢铵，磷酸二氢钾，微量元素的液体肥料进行叶面散布，氨基酸和其他养分可以通过叶面吸收进入植物体内，对恢复植物长势有一定的效果。但是，这种促进生长的效果也有磷酸二氢铵，磷酸二氢钾和微量元素的功劳，不

能将其效果全部都归到氨基酸上。

另一方面，固体的氨基酸复合肥施用到土壤里后，所含的氨基酸很容易被土壤微生物吸收用于微生物的繁殖，能够直接被植物的根吸收利用的比例并不大。因此，这类氨基酸复合肥的肥料效果首先是受其中含有的氮磷钾的数量和溶解度所影响，与氨基酸的含量和种类基本无关。

参考资料：

資料 1： Mori S, Nishizawa NK: Nitrogen absorption by plant root from the culture medium where organic and inorganic nitrogen coexist. II. Which nitrogen is preferentially absorbed among [^{14}C]GluNH₂, [$2,3\text{-}^{3}\text{H}$]Arg and Na $^{15}\text{NO}_3$? Soil Sci Plant Nutr 25: 51-58 (1979).

資料 2： Mori S: Primary assimilation process of triply (15N, 14C and 3H) labelled arginine in the roots of arginine-fed barley. Soil Sci Plant Nutr 27: 29-43 (1981).

資料 3： Frommer WB, Hummel S, Riesmeier JW: Expression cloning in yeast of a cDNA encoding a broad specificity amino acid permease from *Arabidopsis thaliana*. Proc Natl Acad Sci USA 90: 5944-5948 (1993).

資料 4： Mori S, Nishimura Y, Uchino H: Nitrogen absorption by plant root from the culture medium where organic and inorganic nitrogen coexist. I. Effect of pretreatment nitrogen on the absorption of treatment nitrogen. Soil Sci Plant Nutr 25: 39-50(1979).

資料 5： 二瓶直登：植物のアミノ酸吸収・代謝に関する研究、福島農総セ研報 2 : 21-97 (2010)

資料 6： 池ヶ谷賢次郎、平峯重郎：茶園土壤中におけるなたね粕および魚粕の分解に伴う無機態窒素とアミノ酸の生成. 茶業技術研究 (53) ,65-73,(1977)

資料 7：東京大学放射線環境工学研究室 HP : <http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/radio-plantphys/ret/themes.html>