

天麻矿物质吸收及其营养机理探讨

S567.239

Q945.12

吴沿友¹, 刘能俊², 龙青²

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州贵阳 550002; 2. 贵州省植物园, 贵州贵阳 550004)

摘要: 探讨了天麻吸收矿物质过程和天麻的营养机理。研究蜜环菌在天麻的金属元素、非金属元素吸收中起的作用, 阐明天麻的有机营养吸收过程。提出了天麻吸收非金属元素的两个途径, 分析了天麻吸收金属元素的“泵”的作用机理。指出了天麻蜜环菌之间的游离氨基酸特别是天冬氨酸和谷氨酸的交流是天麻和蜜环菌生长发育的关键。

关键词: 天麻; 蜜环菌; 矿质营养; 游离氨基酸, 中药 ~~红瑶瑶~~

中图分类号: Q945.12 **文献标识码:** A

Approach to absorption of mineral substances and nutritive mechanism of *Gastrodia elata*WU Yan-you¹, LIU Neng-jun², LONG Qing²

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Botanical Garden, Guiyang 550004, China)

Abstract: This paper deals with the nutritive mechanism and absorption process of mineral substances by *Gastrodia elata*. The absorption actions on metal and non-metal elements by *Armillariella mellea* in *Gastrodia elata* are studied. The absorption processes on organic nutrition are clarified. Two paths of absorption of non-metal elements by *Gastrodia elata* are put forward. "Pump" mechanism of absorption of metal elements by *Gastrodia elata* is analyzed. The results also show that there are substances interchanges of free amino acids, especial aspartic acid and glytamic acid between *Gastrodia elata* and *Armillariella mellea*, and they are the key to growth and development of *Gastrodia elata* and *Armillariella mellea*.

Key words: *Gastrodia elata*; *Armillariella mellea*; mineral nutrition; free amino acids

天麻 (*Gastrodia elata* BL) 是一种根叶退化的兰科属植物, 又是一种著名的中药。早在公元前一百年, 我国现存最早的一部药书《神农本草经》上记载, 天麻有“主杀鬼精物, 蛊毒恶气, 久服益

收稿日期: 1999-05-04

作者简介: 吴沿友 (1966-), 男, 博士 (博士后), 研究员, 从事植物生理和植物遗传方面的研究。

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 39460009), 贵州省自然科学基金资助项目。

气力,长阴肥健,轻身增年”的作用,并列为上品。《本草纲目》中也记载天麻有“主诸风湿麻痹,四肢拘挛,小儿风痫惊气,利腰膝,强筋力,久服益气,轻身长年”的功效。天麻中的主要化学成分是对羟甲基苯- β -D-葡萄糖吡喃糖甙,定名为天麻素(Gastrodin),其它还含有对羟基苯甲醇、对羟基苯甲醛、胡萝卜甙、柠檬酸及其甲脂、棕榈酸、琥珀酸、蔗糖、 β -谷甾醇、4,4'-二羟基二苯甲烷、4,4'-二羟二苄醚、3,4-二羟基苯甲醛、4-乙氧甲基苯基、4-羟基苄醚、对乙氧基苯酸等。天麻的主要药理作用为:1.天麻对豚鼠癫痫发作的作用;开始较苯妥英钠稍缓,但作用持久。2.天麻可抗戊四氮引起的小白鼠阵挛性惊厥作用,可减少其发作次数,并推迟其发作时间。3.天麻对小白鼠实验性疼痛有镇痛作用,所以天麻是一种味甘,性平;能平肝熄风,祛风定惊,主治头晕目眩,肢体麻木,小儿惊风,癫痫、高血压病、耳源性眩晕的良药。我国是天麻的主要产地,由于需要量的不断增加,野生药源日趋减少,现已供不应求,为了满足市场需要,人工栽培是必要的。为了彻底满足人们的需要,工厂化生产(组织培养)是必由之路,为了解决工厂化生产的技术难题,首先必须探索天麻这种无根植物的吸收矿质营养的机理,才能有效地进行工厂化生产。

天麻的栽培需要接上蜜环菌(*Armillariella mellea*)的菌材;没有菌材,天麻不可能生长,甚至腐烂。天麻与菌材伴生可使天麻正常地生长发育,表明蜜环菌在天麻的生长发育中起重要作用。本文就是通过对天麻的矿质营养吸收机理进行研究来探讨蜜环菌在天麻的生长发育中的作用。

1 材料和方法

菌材的树种为青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)和鹅耳枥(*Carpinus spp.*)。分别取蜜环菌菌丝体、菌材(接上蜜环菌和未接蜜环菌)和天麻,60℃烘干,粉碎成粉末,利用常规方法调制样品,原子吸收分析法分析^[1]K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn等金属元素。用高效液相色谱法分析蜜环菌、天麻的游离氨基酸。

2 结果与分析

2.1 蜜环菌在天麻矿物吸收中的作用

通过测定可以看出,蜜环菌在天麻的元素吸收中起着重要作用(表1)。

从表1中可以看出,镁的含量从菌材—蜜环菌—白麻都是在逐渐升高,这表明,蜜环菌和天麻对该元素的吸

表1 菌材、蜜环菌、白麻、米麻的元素含量($\mu\text{g/g DW}$)
Table 1 Elements contents in woods, *Armillariella mellea*, white *Gastrodia elata*, small *Gastrodia elata* ($\mu\text{g/g DW}$)

	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
鹅耳枥(接蜜环菌) (<i>Carpinus spp.</i> , inoculated by <i>A. mellea</i>)	1.14×10^4	1.27×10^4	4.68×10^2	4.11×10^2	326.6	21.66	NS	1.91
鹅耳枥 CK (<i>Carpinus spp.</i>)	1.43×10^4	8.65×10^3	3.73×10^2	5.33×10^2	618.4	14.81	NS	2.75
青冈栎(接蜜环菌) (<i>Cyclobalanopsis glauca</i> , inoculated by <i>A. mellea</i>)	1.79×10^4	1.31×10^4	9.40×10^2	5.50×10^2	241.7	42.88	1.35	3.50
青冈栎 CK (<i>Cyclobalanopsis glauca</i>)	1.36×10^4	8.53×10^3	2.90×10^2	4.04×10^2	552.6	80.89	NS	NS
蜜环菌 CK (<i>Armillariella mellea</i>)	2.54×10^3	4.61×10^3	2.32×10^3	292.0	330.1	287.4	54.00	15.91
白麻 (white <i>Gastrodia elata</i>)	1.88×10^4	1.14×10^4	5.47×10^3	121.4	159.2	44.00	30.99	9.09
米麻 (small <i>Gastrodia elata</i>)	2.31×10^3	2.30×10^3	6.92×10^3	152.9	130.0	29.60	22.60	5.86

收为主动吸收,米麻的生长是靠蜜环菌和白麻共同提供镁的。钾、钙、钠在菌材中含量很高,与天麻尤其是与米麻有着浓度差,可以通过渗透获得这些营养元素,铁也具有浓度差,故也可以被动吸收。Mn、Zn、Cu在菌材和天麻之间没有浓度差,被动吸收不能满足天麻的需要,需要蜜环菌在中间起“泵”作用。蜜环菌的重要作用就是在于对这些元素的吸收,它能够积累这些元素,使之与天麻之间造成浓度差,这样天麻就能够吸收这些元素,所以,天麻是靠蜜环菌提供这些微量元素和镁来满足自身

的生长需要。

2.2 蜜环菌的“泵”作用

2.2.1 蜜环菌的“泵”内物质 蜜环菌的菌丝含有游离氨基酸。通过高效液相色谱分析(表2)可以看出:蜜环菌体内含有游离天冬氨酸占0.05%鲜重,含有谷氨酸也占0.05%鲜重,苏氨酸占鲜重0.01%。占重要地位应是两个带负电荷的R基氨基酸天冬氨酸和谷氨酸,苏氨酸占的比重小,同时也具有极性基团,所以这3种氨基酸能与金属离子结合(络合),成为蜜环菌的“泵”内物质。

2.2.2 蜜环菌的“泵”

出物质 在天麻体内存在着大量的游离氨基酸,其中天冬氨酸、谷氨酸都占有绝对优势(表2)。这为蜜环菌通过天冬氨酸和谷氨酸络合金属离子“泵”到天麻体内提供较好的解释。

2.2.3 蜜环菌的“泵”

的作用过程 通过“泵”内外物质的分析可以看出,蜜环菌的天冬氨酸、谷氨酸络合金属离子通过菌索的端部运输进到天麻体内,天麻体内的大型细胞消化蜜

表2 不同处理的天麻及蜜环菌游离氨基酸成分和总量(%)
Table 2 The ingredient and sum of amino acids in *Gastrodia elata* and *Armillariella mellea* by different treatments(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	蜜环菌 (<i>A. mellea</i>)
α -氨基丁酸 (α -aminobutyric acid)					0.01	0.02		0.02	
天冬氨酸(Asp)	0.50	0.29	0.18	0.29	0.37	0.23	0.40	0.06	0.05
谷氨酸(Glu)	0.25	0.09	0.14	0.27		0.19	0.12	0.14	0.5
天冬酰胺(Asn)	0.89	0.24	0.22	0.38		0.34	0.22		
丝氨酸(Ser)	0.22	0.15	0.13	0.24		0.20	0.21	0.03	
组氨酸(His)	0.09	0.09	0.07	0.12		0.10	0.08	0.09	
甘氨酸(Gly)	0.18	0.22	0.19	0.18	0.14	0.29	0.23	0.03	
苏氨酸(Thr)	0.02		0.01			0.01			0.01
精+酪氨酸(Arg+Tyr)	0.39	0.36	0.23		0.03	0.42	0.34		
赖氨酸(Lys)				0.21					
异亮氨酸(Ile)				0.05					
色氨酸(Trp)	0.06	0.05	0.05		0.07	0.07	0.07	0.04	
蛋氨酸(Met)	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.06	0.05	0.02	
苯丙氨酸(Phe)	0.03	0.03	0.03	0.15		0.05	0.05		
亮氨酸(Leu)	0.01								
鸟氨酸(Orn)	0.25	0.23							
丙氨酸(Ala)		0.12				0.15		0.02	
缬氨酸(Val)			0.02		0.25			0.01	
总量(sum)	2.92	1.90	1.27	1.94	0.92	2.13	1.77	0.46	0.11

环菌端部,使金属和氨基酸都得以释放。天麻本身体内含有大量游离氨基酸,这些游离氨基酸能够被蜜环菌吸收,一方面供蜜环菌生长,另一方面成为天冬氨酸和谷氨酸的源参与矿物质的运输。所以说天冬氨酸和谷氨酸是天麻和蜜环菌的物质交流的载体。

2.3 天麻获得非金属元素的途径

天麻获得氮素、磷素及其它非金属元素的营养有两条途径。一条途径是天麻大型细胞通过溶酶体小泡及消化酶的作用消化蜜环菌,使蜜环菌从菌材上(或其它外界环境)获得的非金属元素释放到天麻体内。而蜜环菌本身可以通过代谢作用使非金属元素从无机态变成有机态。另一途径完全是天麻自身的作用。例如氮素的获得就可以由天冬氨酸与铵离子结合经过膜系统作用生成天冬酰胺,将外界铵离子转进体内。在天麻体内我们确实发现大量的游离天冬酰胺(表2),这为膜转运铵离子提供了证据,至于硝酸还原作用是否发生,有待以后的工作证实。磷素获得,天麻自身也完全可以做到。天麻可通过线粒体氧化磷酸化把外界吸入的磷酸盐转变成三磷酸腺苷(ATP),ATP可以为天麻体内水解利用,脱去磷酸根,还原成二磷酸腺苷(ADP),实现了从外界获得磷的过程。其它非金属元素的获得也有类似现象,至少存在一条途径,或二者兼有。

3 讨论

天麻是一种根叶退化的兰科植物,自身缺乏同化外界元素和获得矿质营养的能力,外界矿质营养大部分靠蜜环菌获得。蜜环菌可以提供天麻全生育期的生长发育的营养。通过同位素示踪及放射显影,可以看出,天麻自身能够吸收葡萄糖、氮、磷、钾等营养,蜜环菌也可从天麻中吸收营养,天麻与蜜环菌是共生关系^[2~4],本文的结果更进一步地证实上述观点。蜜环菌侵染天麻皮层,天麻皮层细胞发生适应性的生理和结构变化,从而使天麻与蜜环菌建立起良好的共生关系^[5,6]。蜜环菌生长在菌材上,天麻自身只能吸收部分外界矿质营养,大部分矿物质的提供需要靠蜜环菌从菌材上吸收来提供。天麻吸收矿质营养的关键就是蜜环菌的“泵”作用。大部分金属元素的获得主要靠蜜环菌的“泵”作用,只有少数金属元素可被天麻细胞直接吸收。蜜环菌起“泵”作用的物质是带负电荷的氨基酸,天冬氨酸和谷氨酸。它们络合金属离子通过菌索运到末端被天麻大型细胞消化、释放及吸收。天麻和蜜环菌之间进行大量的游离氨基酸交流,促进双方的生长发育。有机物的获得有两种途径,一种是天麻自身可从外界环境获得大部分有机营养,有机营养很大可能是以游离氨基酸的形式进入天麻体内的,因为在天麻体内存在大量的游离氨基酸,这在一般植物($<0.2\%FW$)是不存在的;另一种就是天麻的大型细胞消化蜜环菌来获得有机物。非金属元素主要也有2种途径获得。

参考文献:

- (1) 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1988
- (2) 兰 进, 李京淑. 蜜环菌和天麻共生营养关系的放射自显影研究[J]. 真菌学报, 1994, 13(3): 219~222
- (3) 兰 进, 徐锦堂, 李京淑. 同位素示踪法研究天麻第二营养源[J]. 核农学报, 1993, 7(4): 249~252
- (4) 王国安, 朱安平. 天麻的人工栽培技术[J]. 食用菌, 1994, 16(2): 41~42
- (5) 王 贺, 徐锦堂. 蜜环菌侵染天麻皮层过程中酸性磷酸酶的细胞化学研究[J]. 真菌学报, 1993, 12(2): 152~157
- (6) 王 贺, 许京秋, 徐锦堂. 天麻大型细胞消化蜜环菌过程中溶酶体小泡的作用的关系[J]. 植物学报, 1992, 34(6): 405~409