



微量元素及其在动植物生活中的作用

(苏联)尼可拉耶夫著

科学技术出版社

微量元素及其在动植物 生活中的作用

〔苏联〕尼可拉耶夫著
杰 夫 译

科学技术出版社

1953年·北京

13.8

5.5

本書提要

研究微量元素對人體及動植物生活影響，是科學上的一個新部門，而且是發展中的一個部門。科學家們發現動植物體中有含量極微小的元素——微量元素，并証明了這些元素含量過少，却是不可缺少的。動物缺少了某種微量元素，就會患不同的疾病，如甲狀腺肥大症、惡性貧血症，會引起發育不良、骨骼畸形等；植物缺少了某種微量元素，會出現各種病害，嚴重地影響產量。知道了微量元素對不同有機體的影響和作用，我們就有可能防治各種病害，使牲畜強壯，提高繁殖力，就有可能使作物產量增加，質量提高。所以這方面的知識，對生產實踐有很大意義。

總號：1264

微量元素及其在動植物生活中的作用

Микроэлементы и их роль в жизни растений и животных

著者：П.А.Николаев

原出版者：Издательство "Знание", 1954

譯者：杰夫

出版者：科學技術出版社

(北京市前門外帽廠胡同)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 091 號

發行所：新華書店

印刷所：北京五三五工廠

開本 850×1168 1/32 印張：1

1959年3月第1版 字數：17,000

1959年3月第1次印刷 印數：3,555

統一書號：15051.228

定價：(9)1角2分

目 次

土壤和有机体中的微量元素.....	1
个别微量元素的作用.....	10
微量元素在有机体中的作用.....	22

动植物有机体的化学成分极为复杂，它们含有的元素种类很多，其中有些元素在有机体内的含量极为微小，然而却起着非常重要的生物学作用。对地壳表层的化学成分与动植物有机体成分间关系的研究，促成了科学的新领域——生物地质化学的发展。

生物地质化学是一门在苏联创立起来的科学，对解决许多有关国民经济发展的重要问题有重大的帮助。其中，研究微量元素在动植物生活中所起的作用，是生物地质化学中很有前途的一个部门，但研究得还很不够。

由于将微量元素用作土壤肥料的组成部份和用于防治农畜病害所得到的成果很大，因此值得在供广大读者阅读的书籍中来介绍一下。这本小册子里简要地叙述了最近期内，在微量元素实际应用和研究中所得到的最重要的成果。

土壤和有机体中的微量元素

生物化学是一门研究有机体内化学成分及化学变化的科学，在它发展的初期，曾有这样的观念，就是认为只有极少数的元素参加生命的循环。

最初，经过化学分析，发现在动植物有机体内只有 14 种元素。这些元素是：碳、氢、氮、氧、硫、磷、铁、钠、钾、钙、镁、氯、硅和铝。它们在有机体内的含量都相当大，对化学家来说，要证明它们的存在并不是一件复杂的任务。

分析各种不同的动物和植物有机体时，都发现有上述的 14 种元素，因此常常将上述的元素叫做有机元素，也就是构成有机体的元素，并且认为只有它们对于生命才是真正必需

的。

但是，隨着化學分析方法的改善，情況有了重大的改變。測定複雜物質成分的有力工具已經研究出來了，以致在那些原來認為是已經研究得十分清楚的物體中，竟發現了極少量的各種元素，這些元素的存在，有時是完全出乎意料之外的。

証明在植物中有放射性物質——鐳、鈾、釷等等的存在，可以認為是這樣的極特出的例子之一。這些物質借放射綫照相法就能夠發現。方法是將被研究的物體，例如葉子，放在高感度的照相底片上，長期放在黑暗里，然後將底片顯影。如果物體中含有放射性物質的混合物，那就很容易從底片相應部位的變黑而看出來。這個方法極為灵敏，却需要很長的時間。例如，為了証明在甜菜里有鐳，曾經等待了將近6個月之久。

由於放射綫照相法的高度灵敏，甚至含量為 $10^{-12}\%$ 的放射性物質混合物它也能夠發現。這就是說，即使把10克的鐳鹽溶解在體積為1立方公厘的水中，放射綫照相法也能發現溶液中存在的鐳。

放射化學中示踪原子法的創立，又給了生物化學一個巨大幫助。這個方法是研究動植物有機體中元素分布及新陳代謝的最有效工具之一。

示踪原子是人工製成的各種元素（如硫、磷、鈉等）的放射性同位素。同位素在化學性質上和普通元素的原子沒有區別，但是它們具有不斷地放出帶電粒子（電子、正子或氦核）的不穩定的原子核。如鐳、釷、鈾這些天然放射性物質的原子，甚至生來就已經“帶上記號”了。這些元素極小的含量，不僅用照相底片能夠發現，而且用專門的計數器還能作定量的測定。

核子反應的發現為人工制取放射性物質創造了必要的條件。人們已經製成了放射性鈉、硫、磷、鈾、鐵、鋁、碳、氫和許多

其他元素。

如果在动物或植物有机体内引进極小剂量的这种物質，那么借放射綫照相法或計数器就很容易看出放射性元素到达哪里和它的量是多少。例如已經观察了碘和鈷在动物有机体内，磷和鋅在植物有机体内所走的道路，同时也得出了关于这些元素在生物組織中所起作用的重要結論。

由于应用示踪原子、各种有机試剂、光譜分析法、極譜分析法及許多其他物理化学分析方法的結果而得到的材料，使得化学家們的“視力”更加敏銳了。科学家們可以确信，他們周圍世界的化学面貌，比以前我們所知道的更加多样化和更加复杂化了。

在水和土壤中，在动植物有机体中，已經發現了很多种元素，并且，現在大家都認為，已知的元素很可能都以某种方式参加着生命循环。

个别元素在土壤和植物中的含量（根据維諾格拉多夫的研究），在第4頁的表中已經标明了。

除了像碳、氧、氮、磷这些为生物化学家所熟悉的普通元素以外，这里我們又看到了与其說是对生物学家不如說对冶金学家更熟悉的名称——鎳、銅、鈷、鋅。在生物体内甚至还發現了砷、鈾、汞和鐳，固然，它的含量是極小的。

在土壤或有机体内含量介于万分之几到十万分之几的元素，通常叫做微量元素；含量更少的元素，叫做超微量元素（汞、鐳等）。这种專門名詞的相对性是很明显的，在土壤中含相当大的元素如鋁或鈦，在植物体中的濃度可以接近于微量元素的濃度。尽管这样，“微量元素”这一名称，还是在实用上提供了一定的便利，并且在科学書籍中經常使用。

微量元素以盐、氧化物的形式存在于土壤中；有时在复杂

化学元素在土壤和植物中的含量

元 素	元素的平均含量(百分数)	
	土 壤 中	植 物 中
氧	49.00	70
氢	—	10
硅	33.00	0.15
铝	7.13	0.02
钠	0.83	0.02
铁	3.80	0.02
钙	1.37	0.3
镁	0.60	0.07
钾	1.36	0.3
钛	0.46	0.0001
碳	2.0	18
磷	0.03	0.07
氮	0.1	0.3
锰	0.085	0.001
硫	0.085	0.05
氟	0.02	0.00001
氯	0.01	百分之几
铜	0.003	0.00001
钼	0.05	万分之几
钴	0.03	万分之几
镍	0.02	0.0005
铀	0.01	0.0001
钍	0.008	0.0005
镭	0.03	少于万分之一
铯	0.004	0.00005
钡	0.002	0.0002
锶	0.005	0.0003
锆	0.0003	0.00002
硼	0.001	0.0001
铷	0.001	十万分之几
铯	0.0005	0.00003
铊	0.0005	百万分之几
铋	0.0003	0.00002
钨	0.0006	—
钼	0.0001	—
铟	0.000001	少于百万分之一
锡	0.00005	0.000001
锑	0.0003	0.00001
汞	0.000001	千万分之几
镉	0.0000000008	极微量(比汞约少一半)

的有机化合物中也含有这些元素。这些物质是以溶液状态进入植物体的。因此，如果某种化合物很难溶解在水里，那么植物

就只能得到很少量的这种物質。

随着我們在土壤、水和有机体的实际化学成分方面知識范围的扩大，自然科学的一个新領域——生物地質化学的輪廓开始出現了。它綜合了地質学、生物学和化学上的問題。偉大的俄罗斯学者維尔納茲基院士(1863—1945)是生物地質化学的創始者，应当說，他是著名的土壤学家道庫恰耶夫的学生。

維尔納茲基認為，闡明有机体的化学成分与地壳的化学成分之間的关系，是生物地質化学的中心問題之一。維尔納茲基和他創建的苏联生物地質化学学派，并不是孤立地去研究生物体中的化学过程，而是与地壳化学紧密地联系着的。有关地球科学及生命科学的許多复杂問題的解答，都應該到生物及地質因素的相互作用中去寻找。

植物和动物的發育，在相当大的程度上决定于土壤的化学成分。但有机体本身也是有力的地質化学因素。在它的影響下，大气和地壳的化学成分能發生巨大的变化。例如，維尔納茲基曾証明，目前大气中的全部氧气，都是在植物生命活动过程中产生的。他写道：“我們的空气是生命創造的”。

在生物地質化学的發展过程中已經查明，生物地質化学的問題是与植物和动物的生理学的問題，与农业上最重要的問題互相交錯着的。生物地質化学在研究提高收获量和提高农产品質量的措施上，在研究新型肥料和防治动植物病害的方法上，在开垦和利用貧瘠土壤等方面的帮助很大。苏联科学院通訊院士維諾格拉多夫学派，曾完成了在苏联各种不同的地理区域中的土壤、植物及动物体化学組成的重要研究。在他的学派的工作中，維尔納茲基的思想得到了进一步有成效的發展。苏联科学家別尔金、沃依那尔、伏拉休克、德罗卜科夫、凱得洛夫-齐赫曼、科瓦爾斯基、卡塔雷莫夫、別依維、波斯別洛夫、索科洛夫、薩莫

依洛夫、什科尔尼克、雅科夫列娃等人，完成了个别元素在土壤中的含量及其在动植物生活中的作用的有价值的研究。

由于生物化学家和生物地质化学家们的工作，已经找到了微量元素实际应用的途径，同时还查明了它们对生命活动过程的意义。

现在我们来大略地谈一谈土壤与植物化学成分的关系问题，及微量元素在有机体内的作用的性质。

证明有机体内含有钴、锌、锰、铜、镉和其他元素的化学分析材料，首先就会引起一个必然的问题，就是：这些元素在有机体的生活中是否起着某种作用？或者这些物质只不过是土壤中和其他营养物质一起被植物吸进体内的偶然杂质？是不是由于植物是动物的食物，这些物质最后也进入了动物有机体了呢？

的确，植物能够从土壤中摄取各种极不相同的物质，既有对细胞生长必需的，也有对生物学不起作用的。只要在植物根系的培养基中加入任何一种染料，便可以看到这种物质在植物组织中的迅速散布。例如，把铃蓝的茎浸在红墨水中，铃蓝就逐渐变成红色。在动物有机体中也可以看到类似的现象。如内服阿克利亨^①就会使皮肤染成黄色，工作中长期与银盐接触，人体的组织中就会有银的沉淀现象出现等等。

但是，对于许多微量元素，可以肯定的说，它们并不是在有机体内缺少了而无关紧要的偶然伴生者。

许多微量元素在有机体生活中的作用无疑是很大的。研究一下前面所列的表，我们就能看出，个别元素在土壤和植物中的含量是不同的，植物中微量元素的含量常比土壤中的少。但是在自然界中也可以看到植物积聚微量元素并把它储藏在自己的细胞里的情形。例如海生植物积聚碘的能力很强，还有

^① 这是苏联制的一种治疟疾的药，相当于阿的平。——译者

一些植物具有从水中吸取钴的能力等等。單是这种情况就足以表明微量元素对于植物生活的重要性。假若微量元素是一种偶然的杂质，而且不起任何生物学作用的话，那末就很难解释一些元素在有机体细胞中不断积聚的过程了。显然，植物是需要微量元素的，而且还利用它来实现某种重要的生活机能。

为了说明个别种植物的化学成分，我们举馬鈴薯所含的一些元素的数据为例。

100克鮮馬鈴薯含有(以毫克^①計):

鉄.....30.0	溴.....0.1
銅.....16.5	砷.....0.08
硼.....13.0	鎳.....0.026
鈣.....5.0	鉍.....0.026
錳.....3.5	磷.....0.02
鋅.....3.0	鈷.....0.013
鋁.....1.05	

研究了各种土壤的化学成分得以确定，土壤中許多微量元素含量变动的范围極大。例如：沼澤地的土壤通常含銅很少，冻土带^②的土壤含硼量較低，还有些土壤含鉍、錳、鎳等特別丰富。

在某一地区，如果土壤中某种微量元素含量不足或过多，而且有机体也显现出对微量元素不足或过剩的一定反应，这样的地区就叫做生物地質化学区。

維諾格拉多夫扩大并加深了生物地質化学区的学說。这一

① 毫克——千分之一克。

② 在冻土带冬季严寒而且很长，夏季短，一年中最温暖的月份平均温度也不超过10°C。那里的土壤非常寒冷，在一定深处都有永凍層，夏季仅15—20厘米以上融化。——譯者

学說在防治某些区域里居民和农畜的疾病方面，起了巨大的作用，并且有利于拟定提高收获量的重要措施。

因为生物地質化学区的特征是某种元素含量的过高或过低，所以在这个地区内所生长的植物就显出許多特征性的变化(生物学反应)。这些变化能引起植物的病态现象，甚至会使植物早期死亡，或者能反映出植物对不正常条件的适应过程，結果就促成了該地区特有的植物类型。

例如，土壤中缺乏硼时，会使甜菜、亞麻及其他植物生病，但硼过剩时(盐漬土里)，也会引起病变。但是含乳状汁的植物在硼过多的土壤上却發育得很好，这样的土壤对这种植物特别有利。鋅的含量降低，会引起植物的叶斑病。銅的含量不足，会使禾本科植物遭受到叶綠素数量减少的病害等等。

所有这些事实，都确切地証实了微量元素对植物生活的重要性。这对于动物有机体也同样是正确的。

在許多地区，动物(有时連人也包括在內)常患一种“莫名其妙”的病症。这种病症沒有傳染病的特征，但是居住在某一区域里的大多数居民和动物却都得了这种病。在某些山区(烏拉尔和貝加尔湖东岸)，大多数的居民都患甲状腺病(甲状腺肥大症)。在生草灰化土地区和波罗的海沿岸，經常有牲畜患与發育有关的貧血症，使得动物極度虛弱甚至死亡。

由分析土壤、水和植物得以确定，这个地域是属于生物地質化学区，也就是属于某种微量元素含量不正常的区域。

在甲状腺肥大症普遍的地区里，發現水中的碘含量太低。在食物中加一些碘就能医好甲状腺病。出現牲畜患貧血病的地方，表明在土壤和飼料里鋅(有时是銅)的含量低了。用少剂量的鋅盐和銅盐来治疗病畜，很快就能消除这种病症。

在英国，有些地区(索麦尔謝特)的土壤和植物中鋁的含量

很高(比正常的高到7—10倍);这些地区里的牲畜受到所謂鉍病的为害。这种病表现在胃腸道功能失調和一些其他病症上。

許多地区氟的含量高,在这一区就会發生所謂氟中毒——一种特殊的骨症的流行。

在美国某些地区的土壤中硒的含量过剩成为牛群患病的原因。在这种情况下,牛毛会脫落下来,蹄的發育不正常,心、肝、腎和脾臟的病变增加。若給飼养得正常的牛只在飼料中加入过多硒的化合物,也就会看到同样的病变。

土壤和植物中錳的含量低时,会引起骨病,随之产生骨骼(例如,鳥的翅膀)的变形。

由此可見,微量元素在动物机体中也执行着重要的生活机能。

由精密的化学分析法可以确定,个别微量元素在动物各器官內的含量是各不相同的。某些器官能像植物那样积聚一定的元素。例如:已經断定鋇被儲积在胰腺里,鈷在胚胎的脾臟里,鋇在大脑白質里,錫在舌的粘液膜里,鎳在腎臟里,鋇在視網膜里,硼在脂肪組織里,鉻在脑垂体里等等。

苏联科学家科瓦尔斯基和巴洛維克以及伏依那尔利用光譜分析,發現在哺乳动物的脑中存在着很多重金屬(銅、鋅、錳、鈷、鈦、鉻、鉛、鋁、銀和其他)。正如伏依那尔所指出的,神經細胞核能够儲积上述的某些金屬。可見,这些金屬的存在绝对不是“偶然的雜質”。

具有某种微量元素作用特性的知識,不仅使我們有可能去医治植物和动物由于营养物里相应元素含量不正常而引起的病患,并且还展示出进一步發展农业的引人入胜的远景。

确实,經驗証明,在土壤中施用少量和一定剂量的微量元素,能够提高許多农作物的产量。由于微量元素肥料学說的产

生，微量元素逐年来日益大量地应用在苏联土地上，从而保证了农产品的丰收和优良的质量。

同时不能忘记，只有对微量元素在植物有机体内作用的机制问题作扩大和深入地研究的条件下，我们才有可能制出新型的肥料。

每个人在初次了解到少量的微量元素作用的惊人效果时，都不由得会提出一些迫切需要明确回答的问题，这就是，钴、铜、钼在原生质生命活动中的意义如何？碘、砷、锌在有机体中的作用如何？植物为什么需要硼等等。但是到目前为止，对大多数微量元素在生命活动过程中的作用仍然是不清楚的。只是对某些微量元素可以肯定的说，生物化学大体上已经揭露了其作用的秘密。

至于什么元素应当认为是与生命攸关的问题，到目前还是一个讨论的对象。只是确定了锰、锌、钴、铜、硅、溴、碘、氟和砷是动植物生活绝对必需的。它们可能还需要铝、镍、硼、钼、铍、锂、钼、铷、锶、钡和钋。或许，放射性元素在生命过程中也起着重要的作用。

因此，在理论上和实验室中研究微量元素对于生物学过程影响的重要性，并不次于微量元素在畜牧业中的实际应用或各种微量元素肥料的试验。

下面将谈到某些微量元素的特性，它们对农作物收获量的影响，以及在动物生活中的作用。最后，在一次讲演的可能限度内来阐述一下微量元素在有机体中作用的一般原理。

个别微量元素的作用

硼 硼在土壤中的含量约为 0.0002—0.001%，但是能被植物吸收的，也就是在土壤中以可溶性化合物形式存在的硼量，

大約為 0.00002—0.0001%。

在土壤中加入硼的化合物，是提高許多農作物收穫量的十分有效的方法。因此，含硼的微量元素肥料使用得特別廣泛，對微量元素肥料研究得最多的正是硼。

硼通常是以所謂硼鎂肥料的形式加到土壤中去，這種肥料含有 8—15% 的硼酸和 27% 的氧化鎂（鎂的存在可加強硼的作用）。同樣也可以採用硼酸和硼砂。

在灰化土壤上，三葉草所需硼肥的數量（每公頃按公斤計）為 1—1.5，蔬菜為 1.5—2，苜蓿為 2—3，亞麻為 0.3—1。

在土壤中同時加入石灰時，硼所起的作用特別好。

硼能增加甜菜、燕麥、三葉草、苜蓿、亞麻、橡膠草、玉米、蔬菜作物和馬鈴薯的收穫量。在栽種蔬菜作物的土壤中施用硼肥，能提高維生素丙和甲的含量，增加糖含量。對於橡膠草來說則能提高橡膠的含量。

由於土壤中含硼量增加的結果，植物生長和發育的速度加快了。植物改善了对其他營養物質的利用，尤其是增強了豆類植物固定大氣中氮素的过程。植物綠色部份中的葉綠素含量也會增高。

施用硼肥後，不僅在頭一年能有良好的收成，就是第二年的收成也很好，並且要指出，第二年的收成甚至超過第一年。以玉米為例曾經證明，由於施用了硼而得到的質量的改善是能遺傳的，因此，質量的改善非常穩定。

將硼與其他元素配合使用是很有利的，使用硼鎂肥就獲得了良好的結果。但是這個問題還需要進一步的研究。

土壤中硼的含量降低時，植物會出現許多具有特征性的病變。亞麻、甜菜和其他植物，由於缺乏硼而引起的病害是大家已經知道了的。甜菜受到所謂腐心病的傷害，能引起根的破壞；

同时植物的地上部分也同样会受到严重的损害(圖1)。



圖1 栽培在酸性泥炭土上的劍用甜草。左：未施硼肥；右：施硼肥以后。

什科尔尼克教授曾經指出，亞麻在缺少硼的培养基中就發育得不好，假若在培养基中加入过氧化氢，那末它的發育会显然地好起来。我們知道，过氧化氢是一种不稳定的物質，容易放出氧，是一种很强的氧化剂。硼同样也能形成不稳定的过氧化物，起着将大气中的氧轉移到植物根系的作用(圖2)。

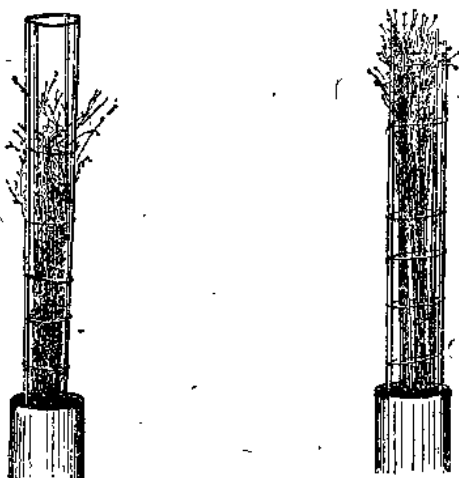


圖2 硼肥对亞麻生長的影响。左：未施硼肥；右：施硼肥以后。

在动物有机体内，硼对于新陈代謝的影响，还研究得很不够。已經知道，在动物的許多器官和組織里，例如在骨骼和牙齿里，在肌肉、肝臟里等都含有硼。在牛奶、鷄蛋及其他产品中也發現有少量的硼。

錳 地壳中錳的含量为 0.09%，俄罗斯平原的土壤中約含錳 0.1%。在植物和动物有机体的組織中都有这种元素，平均 100 克植物有机体内約含錳 0.1 毫克(按鮮物質計算)。

有趣的是，某些种动物有机体有儲积錳的傾向。例如，在某些种螞蟥以及金龟子科甲虫的体内就积聚有錳。哺乳动物体内的錳比較少些(平均每 100 克鮮物質不超过 0.05 毫克)。

在哺乳动物的各种不同器官里錳的分布都不相等。它集中的地方主要是肝臟，其次是腎臟和管骨，肺里所含的錳量最少。

沃依那尔曾在人的大腦皮層灰質的細胞核里發現有錳。

錳在动物和植物生活中起着極為重要的生物学作用。錳是动物有机体絕不可少的，它加速幼齡有机体的生長，影响着造血作用(与鉄、銅和鈷相配合)。

現有的材料能够証明，錳在动物和人体内影响着碳水化合物的代謝并加强維生素丙和乙₁的作用效能，同时又活化了某些酶。錳是像精氨酸酶这样重要的氮素代謝酶的組成部分。

用施过錳肥的田地上所收割的干草来飼养牲畜时，能看到挤乳量增加和泌乳期延長的現象。食料里含錳量不足时，动物的生長和骨的形成过程都受到阻滯。严重缺錳时，会影响到鳥类有机体的發育，使它們患一种骨骼病(Перозис)，患这种病时，下肢的关节和管骨会显著地变形，而且翼骨也会变形，全身的新陈代謝失調。只要在定量的飼料里加入少量的錳(1 公斤飼料中加 30—100 毫克)，就可以医好这种病。

錳能提高甜菜、冬小麦、大麻、烟草、洋草莓、草莓和蔬菜的