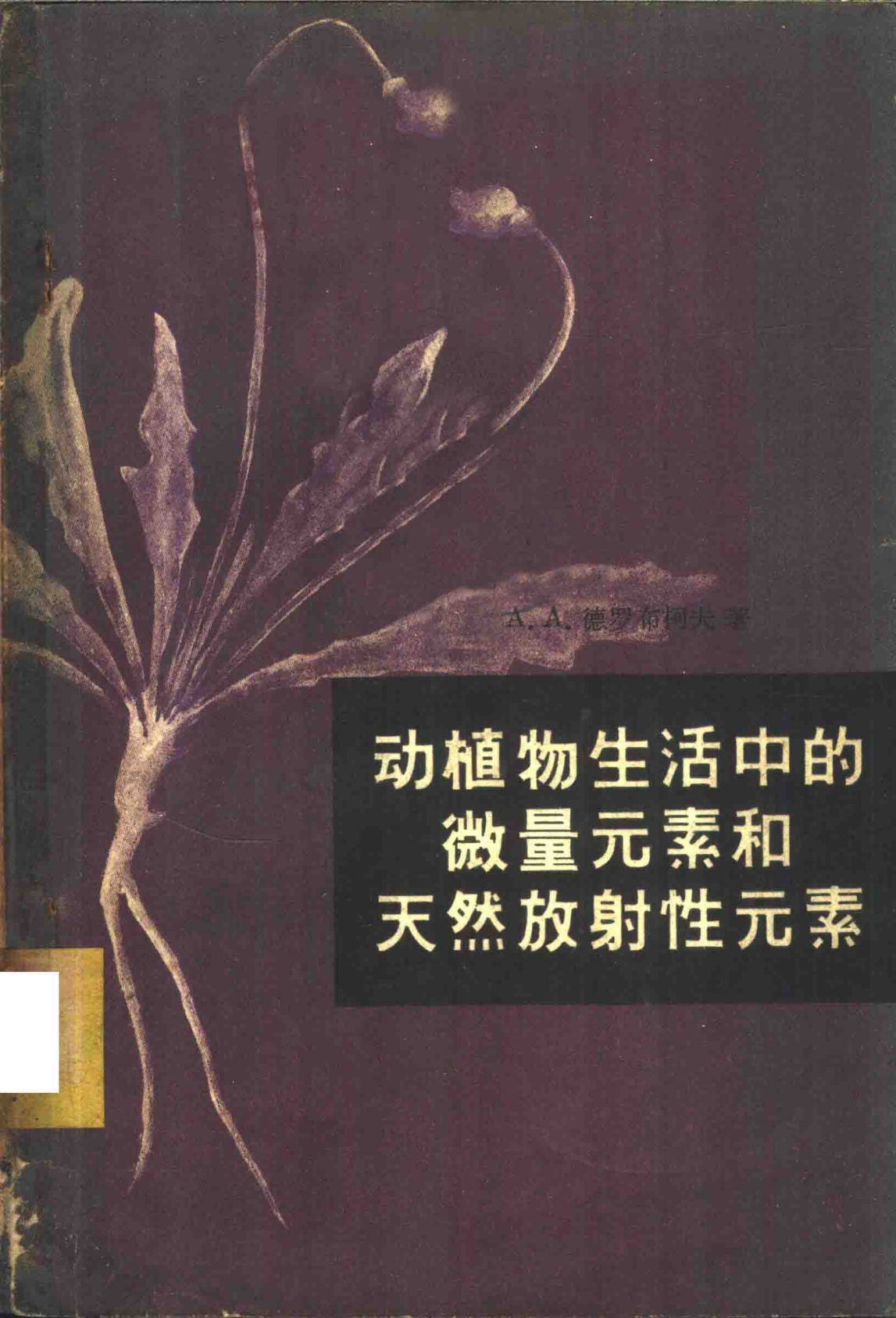




A. A. 德罗布柯夫 著

动植物生活中的 微量元素和 天然放射性元素

动植物生活中的微量元素和
天然放射性元素

3

科 学 出 版 社

1959

А. А. Дробков

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Издательство АН СССР 1958

內 容 簡 介

本书深入浅出地叙述了微量元素(碘、硼、铜、钴、锰、钼、锌、稀土元素、钍)和天然放射性元素(铀、钍、钍等)在人和动植物生活中的重大作用和意义。书中不仅提供了各种微量元素和天然放射性元素的试验研究结果综合资料,而且也提出了某些方法上的指导。此书可供生物学工作者,生理学工作者,作物栽培、动物饲养和农业化学工作者参考。

动植物生活中的微量元素和 天然放射性元素

А. А. 德罗布柯夫 著

刘 鍾 钰 译

崔 澂 校

*

科学出版社出版(北京朝阳门大街117号)

北京市书刊出版业营业许可登记证字第051号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1959年9月第一版

1959年9月第一次印刷

(京) 0001—4,000

书号: 1859 字数: 140,000

开本: 787×1092 1/27

印张: 6 12/27 插页: 1

定价: 0.81 元

序

微量元素是存在于人、植物和动物机体中的为量极少的硼、锰、碘、铜、锌、钴、钼及天然放射性元素等化学元素的总称。这些元素虽然含量微少，可是在有机体的生活中却起着特别重大的作用。

在苏联和其它一些国家所进行的许多精确的生理试验证明了，植物和动物机体在沒有許多种微量元素时，便不可能正常地发育，含量不足时也会遭受地方性(該地特有)的病害。

最先指出微量元素和天然放射性元素在机体生活中的特殊作用的是 B. И. 威尔納茨基，他总结了已有資料，而且証明了当时已知的 92 种化学元素里在动物和植物生活中起着重大作用的有 60 种以上。

近几年来在苏联及其它一些国家都进行了多种多样的研究，証实了微量元素和天然放射性元素在植物、人和动物的生活中有非常的作用。

和平利用原子能以及这一科学部門的进一步的发展都要求我們重視天然放射性元素。和生物体全部进化过程中与生活有关的天然放射性对于机体究竟有怎样的作用，这一点是必須确切地弄清的。

鈾、鈾、銅、錳、鈷、鉍、鉀等天然放射性元素在自然界中分布很广。在土壤、洋海河湖的天然水、大气以及人、植物和动物的机体中，都是經常有极微量的这些元素存在的。植物可以自土壤和大气中吸收各种放射性元素，而人和动物則依靠植物性食物来获取。

我們的地球已經生存了几十亿年，而在其全部经历中，每一个最微小的部分都是有天然放射性元素存在的。天然放射性元素和宇宙射綫一起，造成了这一天然放射性环境。不論我們把电子計

数器、电位计、验电器、X光测定器或其它种能计算放射性的仪器放在甚么地方,都可以确定天然放射性的存在。

天然放射性元素看不见而且也觉察不到地参与着每一个生物体的生活。天然放射性碳 C^{14} 经常由空气中的氮在宇宙射线的影响下在大气中形成。植物在进行二氧化碳的同化作用时, C^{14} 能被植物体吸收,然后再通过植物进入其它生物体内。和碳的稳定性同位素一样, C^{14} 也参与全部生活过程,也是蛋白质、碳水化合物、脂肪及其它有机化合物的组成成分。

考虑到微量元素及超微量元素的巨大意义及进行研究时的困难,因此我们不仅要简单地叙述一下试验性资料,而且还要提供某些方法上的指导,以期对研究着微量元素在植物和动物生活中的作用和意义的研究工作者们有所帮助。

对一切批评性的意见和愿望,作者均不胜感激。

蒙苏联科学院通讯院士 Я. В. 彼伊维、О. В. 尼古拉耶夫教授、М. В. 卡塔雷莫夫教授、Н. Г. 日日里教授审阅手稿并赐予宝贵的指示,作者谨表感谢。

作者

目 次

序.....	(i)
植物靠甚么生活.....	(1)
植物和动物机体的化学成分.....	(6)
碘.....	(10)
硼.....	(16)
銅.....	(25)
鈷.....	(32)
錳.....	(37)
鋁.....	(40)
鋅.....	(45)
稀土元素.....	(50)
鈦.....	(51)
簡短的結論.....	(53)
天然放射性元素与人造放射性.....	(57)
測定放射性元素的几种方法.....	(60)
示踪原子法.....	(73)
鉀的放射性.....	(80)
人、植物和动物有机体中的天然放射性	(86)
自然界中各种放射性元素的含量.....	(94)
植物体中各种放射性元素的含量.....	(96)
放射性元素对植物的发育和产量的影响.....	(97)
放射性元素对土壤微生物的影响.....	(122)
天然放射性元素在人和动物的生活中的作用.....	(139)
关于对有机体有益和有害的放射性元素的剂量.....	(141)
在农业中利用放射性元素作为超微量元素的前景及 某些方法上的指导.....	(144)
使用放射性元素的安全規程.....	(151)

簡短的結論.....	(152)
附录.....	(插頁, 155—158)
参考文献.....	(159)

植物靠甚么生活

植物和动物机体是由哪些化学元素组成的，以及个别元素在它们的生活中起着怎样的生理作用，这是科学本身的全部发展史中一直在研究着的两个问题。

是甚么原因迫使学者们那么顽强地寻求着这些问题的答案呢？

因为，了解了生物的组成及个别元素的生理作用，就能更深入地理解生命的本质及活质的实质。而能够作到这点才有可能按照人类的意愿来改变生命过程以及更有成效地防治疾病和衰老现象。

试验性地阐明植物靠甚么生活的最早的一次尝试是在1629年由万·盖尔蒙特（Ван-Гельмонт）进行的。

他预先称好了一条不长的柳枝的重量和一定重量的土壤。然后把这条柳枝在只以水来灌溉的这份土壤中，培育了五个年头。在试验结束时，土壤及在其上培育的植株都重新称过。结果发现土壤的重量几乎没有改变，而植物体的重量却增加了32倍。万·盖尔蒙特因此得出结论，认为植物只靠水生活。这自然是错误的。

为了弄清植物靠甚么生活，以及甚么是它的营养来源，是曾经花费过许多时间和劳动的。

人类自远古时代起就已知道在不同的土壤上植物的发育是不一致的。也已知道，如果在缺乏有机物质的土壤中施入腐植质，就会显著地改善植物体的发育。因此，在这些资料的基础上，又有了另外一种也是不正确的结论，即植物靠现成的有机物质——腐植质来营养。

腐植质学说在科学界曾有很长时期占据着统治地位。只是到了19世纪中叶，知道在纯净的石英砂及蒸馏水中也能培育出正常

植株以后，这种学說才被推翻。在这种培养环境中只要施以含有氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鉄这7种化学元素的人造营养液，就足以保証植物体的正常的发育。碳、氢、氧3种元素，植物可以从空气和水中得到。这一事实使我們能够作出如下一个結論，即植物的正常发育需要10种化学元素：碳、氢、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鉄，这些元素占植物和动物机体鮮重的98—99%。后来即称这些元素为大量元素。干植物体中含有将近45%的碳、42%的氧、6.5%的氢和1.5%的氮。其它元素約占5%。

許多方面的研究也已确定了这10种元素的生理作用，例如：碳、氧、氢、氮、磷、硫均是蛋白質、脂肪及碳水化合物等几种最重要有机化合物的組成成分；鎂和鉄是植物的叶綠素、人和动物的血紅素的成分；沒有鉀和鈣，植物便不能正常地发育；鈣在人和动物的骨骼組織的生活中起着重要的作用。

在19世紀中叶，根据試驗資料已經建立起植物的矿質营养理論，这种理論已巩固地成为一門科学，而且保持着本身的意义以迄于今。

植物的矿質营养理論，形成于19世紀中叶，因此很长时期以来似乎已經很完善了，以致于几乎沒有引起过怀疑。在水耕培养和砂基培养中只要施入氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鉄这7种元素，植株就能发育得很好，这样一些植物生长試驗就是这种理論的明显的实証。但是，对植物灰分进行精密的化学分析时往往能发现，除上面几种元素以外，还含有硼、錳、銅、鋅、鈷、鉬、碘、砷、天然放射性元素及其它种化学元素。它們的含量一般都是微乎其微的，只有亿分之几到千亿分之几，因此这类元素得名微量元素和超微量元素。

規定属于微量元素的有：硼、錳、銅、鋅、鈷、碘、砷、鉬等，含量測得为十万分之几到千万分之几。在动植物体中含量在 $10^{-5}\%$ — $10^{-12}\%$ 之間的属于超微量元素，例如：鐳、鈾、釷、鈾、鐳、釷等。

微量和超微量元素最初曾被誤認為是偶然的夹杂物，根据許多学者的見解，認為是被迫由植物本身的根所吸收的。然而，精密的生理試驗未証实这种观点。原来，在基本营养物質之外，若补施

以少量微量元素时,植物会发育得更好,且能得到更高的产量。

用純化的营养环境所作的进一步的生理試驗証明了,从营养液中完全除去了硼、錳、銅、鋅、鉬及其它元素时,植株就不能正常发育,或者死亡,或者蒙受特殊的病害。土壤中微量和超微量元素缺乏时,能引致植物和家畜的严重地方性病害。因此,还在 19 世紀末叶时学者們就已經开始重視微量和超微量元素在动植物生活中的作用和意义的研究了。

目前已經有了相当多的資料,可以証明存在于植物体中的大多数微量和超微量元素并非是偶然的夹杂物,象以前学者們所想象的那样,而是植物正常发育所不可缺的物质。

可是这种观点在科学界中有很长时期未能获得承認。这主要是由于研究这一問題时所采用的方法并不完善的緣故。

为了确定植物究竟需要哪些元素,还在 19 世紀的后半世紀时就已經拟訂出水耕培养和砂基培养的培育植株的方法。为此目的,可以将玻璃的或金属的培养器装满仔細洗过的純淨石英砂或蒸餾水,并加入內含氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵 7 种营养元素的人造营养液。

应用最广的、用于此种目的的营养液有普梁尼什尼柯夫营养液(Смесь Прянишникова)和格尔利格尔营养液(Смесь Гельригеля)。

供砂基培养用的普梁尼什尼柯夫营养液,克/公斤沙土

硝酸鉍	0.240
磷酸氢鈣 (CaHPO_4)	0.172
氯化鉀	0.150
硫酸鎂	0.06
硫酸鈣(石膏)	0.344
氯化鐵或檸檬酸鐵	0.025

供水耕培养用的格尔利格尔营养液,克/升水

硝酸鈣	0.492
磷酸二氢鉀	0.136
硫酸鎂	0.06
氯化鉀	0.075
氯化鐵或檸檬酸鐵	0.025

若从营养液中除去 7 种元素中任何一种,植株必然死亡,缺乏时生长停滞,而且植株会蒙受特殊病害。例如,缺氮时植物叶子就呈浅绿色。缺磷时会发生捲叶病,有紫色或红色斑点形成,而且罹病部位的組織很快即行衰亡。植物的根往往因缺少鈣而发育微弱,而且各地上器官的生长也会停下来。缺鉀时能引起叶片上褐斑的出現。缺鉄时叶片中叶绿素的形成中止,因而带淡白绿色(缺綠病)等等。

这些事实是每一个想作这种試驗的人都可以很容易地驗證的。

水耕培养及砂基培养法过去曾广泛地用来研究植物对微量元素的需要。一些个别研究人員在 7 种元素之外补充少量的硼、錳、銅、鋅等,結果植株的产量获得了相当大的增加。

但是,有很长时期人們对这些試驗結果并未引起足够的重視。

土壤及植物体中所含有的数量极少的化学元素在植物生活中能起某种生理作用,看来是不可思議的。未施用微量元素的水耕培养和砂基培养也能培育出正常发育的植株这样一些事实巩固了这种見解。

文献中曾发表过許多有关微量元素对植物的发育有不良影响的試驗結果。

这些矛盾有很长时期始終未被理解,只是后来才发现試驗結果之所以有矛盾,乃是由于曾經那么有成效地用来研究氮、磷、鉀、鈣、錳等大量元素在植物发育中的作用和意义的試驗方法不完善所致。

方法之所以不完善在于大多数微量元素往往作为相伴的夹杂物存在于普通水和蒸餾水中以及最純的化学試剂之內。并且它們的数量往往不必再补充施用就已經完全能满足植物体对微量和超微量元素的需要。

如果能采用非常純化的不含微量元素的盐类及蒸餾水的話,那么就可以发现植物在所謂的完全营养液中是不能正常地发育而且会死亡的了。

建立不含微量元素的营养环境是很困难的。我們在自己的試驗中,为了純化营养环境,使之不含微量元素起見,所有应用的盐类都要經過許多次的再結晶,而蒸餾水也是通过石英制冷却器一再地蒸餾。

檢驗化学葯品的純度可以証明,甚至于經過許多次的再結晶的盐类也不能保証百分之百的純淨。我們能得以大大地減低了許多种微量元素的含量,但是所应用的盐类中仍然含有作为相伴的夹杂物的鋅、銅、鋁、鎂、鎳、鈷、鉬等 28 种以上的化学元素。可見,在現代的知識水平上我們還不可能給植物創造出其中已完全除去了微量元素和鐳、鈾、釷等天然放射性元素及天然放射性碳等的那种营养环境。

蒸餾水一般都是被許多种微量元素所严重污染了的,这主要是由于饱和微尘以及自玻璃容器和冷却設備等淋落下来而落入于蒸餾水中的。我們所进行的專門的檢驗发现,一般蒸餾水中在純化以前是含有少量下列各种元素的:銀、銅、鋅、錫、鋁、鎂、鈷、鉬、錳、鉻、鈦等。

植物和动物机体的化学成分

在自然条件下发育的植物体中經常含有几乎全部已知的化学元素及它們的同位素。

但是不同的植物所含微量元素的數量却是不一样的。微量元素的含量与植物的种、土壤气候条件以及土壤所在的成土母質有关。

根据 M. B. 卡塔雷莫夫的資料,栽培在厚黑鈣土的条件下的各种农作物的收获物中所含微量元素的數量各不相同(表1)。

在植物的发育过程中,一些营养元素浓聚(积累)起来,而另外一些营养元素則吸收得很少。其所以有这种現象的原因是由于植物机体的生物特性。

具有能将碳、氢、氧、氮等一些最简单的非有机化合物合成为蛋白质、脂肪、碳水化合物等最复杂的有机化合物,因而把无生命的无机化合物变成为有生命物質的能力,是植物最重要的特性。太阳能則是最主要的能源。植物体借綠色色素——叶綠素——之助把它順利地利用于自己的生命活动中去。

动物就不具备这种特性。动物是以植物所制造的現成有机物質来营养的。沒有植物,动物便不能生活。

可惜的是,目前科学还不能用人工的方法制造出植物很容易地就可以合成起来的那些复杂的有机产品。不过在动物和植物机体之間,無論是化学組成方面,或是个别营养元素在它們的生命活动中的生理作用方面,都是有它們相似之处的。植物的正常发育所必需的全部元素几乎同样也都是动物所需要的。

还在 19 世紀中叶以及本世紀初,人們就曾推断,植物所必需的元素中的碳、氧、氢、氮、磷、鉀、鈣、鈉、鎂、硫及鉄等 10—11 种元素,对于动物机体來說,就已完全够用。

表1 同样在厚黑钙土的条件下栽培的各种作物的收穫物中的微量元素含量

植 物	产 量 公担/公頃	硼		鋅		銅		鋅		鈷	
		毫克/公 斤干重	克/公頃	毫克/公 斤干重	克/公頃	毫克/公 斤干重	克/公頃	毫克/公 斤干重	克/公頃	毫克/公 斤干重	克/公頃
小 麦 { 籽粒 { 麦 稻	10	2	7.6	47	131	5.2	7.3	65	87	0.29	0.81
	14	4		60		1.5		16		0.37	
大 麦 { 籽粒 { 麦 稻	15	2	11.3	30	119	5.7	16.1	38	97	0.37	1.30
	20	4		37		3.8		20		0.37	
燕 麦 { 籽粒 { 麦 稻	20	3	14.4	56	244	3.6	15.0	36	145	0.26	1.02
	21	4		63		3.7		35		0.24	
黍 { 籽粒 { 藁 草	18	3	21.0	23	223	5.6	21.0	45	159	0.28	1.39
	26	6		70		4.2		30		0.34	
菜 豆 { 籽粒 { 莖 秆	10	3	11.4	30	114	8.5	14.2	33	54	0.33	0.94
	10.5	8		80		5.4		20		0.58	
豇 豆 干 草	25	—	—	115	287	5.1	12.8	30	75	0.52	1.30
苜 蓿 干 草	30	68	204.0	86	258	6.2	18.6	25	75	0.38	1.14
春箭舌豌豆 干 草	25	40	10.0	45	112	4.7	11.8	37.5	94	0.47	1.18
向 日 葵 { 种子 { 莖、叶	12	21	345.6	18	231	8.1	24.3	52.5	174	—	—
	44.5	72		47		3.4		25		—	
糖 用 甜 菜 { 根 { 叶	280	17	162.0	50	592	6.5	52.5	17.5	188	0.22	2.15
	100	35		180		6.9		50.0		0.49	
飼 用 甜 菜 { 根 { 叶	350	20	165.8	70	695	7.5	45.4	25.0	153	0.32	2.26
	120	50		260		6.4		22.5		0.51	

动物机体主要是从蛋白质、脂肪及碳水化合物形式的植物性食物中摄取这些元素的。但是科学却把这一概念推翻了。

以纯蛋白质、脂肪及碳水化合物来营养动物机体的最初几次试验就使人们大失所望。原来，动物在这种情况下很快就会得病，而且不久就会死亡。

动物甚至在喂以优良饲料的情况下也可能患直接与营养不良有关的疾病，如坏血病(цинга)、佝偻病等。在畜牧学实践中，这样的实例是非常之多的。

后来，一个新的发现证明了动物机体的营养理论是多么不够完备。这就是各种维生素的发现。从而有关动物的营养以及对于饲料质量的估价两者都引入了新的概念。

在动物机体内部个别器官中提高微量元素的数量的揭露，是动物营养的研究中的一个重要事实。动物甲状腺内碘的增高了的含量的发现，在这方面起着重大的作用。起初甚至很难解释碘在动物生活中的作用，只是在从甲状腺中提取出得名甲状腺素的，其中含碘量达65%的纯激素以后，才弄清了这个问题。原来，碘在动物生活中起着重要的作用。食物和饮水中缺少碘时，新陈代谢即被破坏，动物往往患名为甲状腺肿的特殊甲状腺疾病。动物和人体所需要的碘的数量是极少的。这点乃是微量元素在动物生活中有重要作用的第一个证明。

近30—40年来，文献中积累了大量的有关微量元素在植物和动物的生活中的作用的研究材料。论述个别微量元素的著作发表的已有数万种，例如仅仅有关碘的就已有将近一万种。这种情况可以说明微量元素问题有着怎样的科学和实际的意义。

微量元素在不同时期曾经有过不同的名称，例如刺激剂、接触剂、次要补充元素等。

俄国学者们在有关微量元素学说的研究中有过很大的贡献。这方面的卓越人物中有我们时代的最著名的自然科学家B. И. 威尔纳茨基(Вернадский 1863—1945)，他最先总结了已有的有关生物的化学组成及这些含量极少的元素的生理作用的全部资料。



В. И. 威尔納茨基院士在观察有天然放射性元素的植物生长試驗(1940年)

他証明了地壳中含有的已知 92 种化学元素中有 60 余种是与生物有着密切的关系的。属于这一类的元素如下：H、Li、Be、B、C、N、O、F、Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Co、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Br、Rb、Sr、Y、Nb、Zr、Mo、Ag、Ca、Sn、I、Cs、Ba、La、Ce、Au、Hg、Pb、Rn、Ra、U、Po、Ac 等。

在周围环境中这许多种化学元素虽然含量极少，但却是經常地而不是偶然地存在于植物和动物机体之內的。第一个作出这种結論的就是 В. И. 威尔納茨基。

生物进行着按本身大小說来頗为巨大的工作已有 20 亿年以上。

生物在不断地进行着各种化学元素的大規模調动工作（大循环）。例如，大家知道，能吸收鈣、鉄、鎂、錳、氮、碳、氧、磷、硫、銅、碘、溴等元素的生物体往往引致这些种元素的強烈的轉移。

大气中游离的氧、氮、及二氧化碳都是由生物形成的，这种論点，現在已經可以认为是已被証明了的。疏散在自然界生物圈中的为量极少的各种化学元素由于生物有机体的活动可以逐漸被大量集聚起来。

地壳中为数达千百亿吨的純游离的砂土(即石英)的最大的集聚,就是以生物起源层(Толща биогенного происхождения)的形式积累而成的。包括褐铁矿、菱铁矿及喀尔奇(Керчь)、洛塔林吉亚(Лотарингия)和北美五大湖等地的綠泥石在內的鉄的最大的集聚,也是同样的起源。石灰岩、錳、銅等矿石也都是生物体的許多世紀的生命活动所形成的,煤、泥炭和石油就更不用說了。

В. И. 威尔納茨基长时期从事于各种化学元素在地壳中的分布的研究。地壳对生命的作用以及相反地,生命本身又如何影响地壳中各种化学元素的变迁,对这些問題他都深感兴趣。由于他的工作而在科学中建起了一个新的方面——有关微量元素及放射性元素的学說。

根据威尔納茨基的定义,生物地質化学是研究生命对地質化学过程的作用的地質化学中的一个很大的新的部門。威尔納茨基在 1912 年开始研究微量元素和天然放射性元素,一直到逝世。

А. П. 維諾格拉多夫对这方面研究工作的进一步发展有很大的功績。

在微量元素及超微量元素在植物生活中的生理作用以及微量元素的实际应用两方面的研究中,俄国学者們都起过很大的作用。对这些問題的研究,Д. Н. 普梁尼什尼柯夫(Д. Н. Прянишников)的貢獻很大。

碘

碘是 1811 年在海藻灰中發現的一种化学元素。海藻曾长时期用作为制取碘的原料。海藻灰中含碘約 0.19%。現今,則是 from 硼砂水(Буровая вода)获取碘。

土壤、天然水、植物、人和动物机体中經常含有极少量的碘。

自从 1895 年在人和动物的甲状腺中發現有很高的含碘量以后,有关碘在生物生活中的作用的問題才开始引起人們的注意。那时人們即开始探討机体中碘素含量与甲状腺疾病即甲状腺肿之