

植物营养中的 微量元素与放射性同位素

И. А. 甫拉修克

科 学 出 版 社

植物营养中的微量元素与 放射性同位素

П. А. 甫拉修克 著

李功藩 王統正 徐鍾吾 譯

周邦立 吳相鉅 校

科 学 出 版 社

1958

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И АГРОХИМИИ

Академик АН УССР П. А. ВЛАСЮК

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ
И РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ
В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
КИЕВ — 1956

[苏] Л. ... 位修克 著
李功藩 王统正 徐鍾吾 译
周邦立 吴相钰 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出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

1958 年 10 月 第 一 版 套号: 1430 字数: 99,000
1958 年 10 月 第一次印刷 开本: 850×1168 1/32
(京) 0001-1,900 印张: 3 5/8

定价: (10) 0.65 元

П. А. ВЛАСЮК
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И РАДИОАКТИВНЫЕ
ИЗОТОПЫ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

ИЗД. АН УССР, КИЕВ, 1956

內 容 提 要

本書系苏联乌克兰苏維埃社会主义共和国科学院院士、全苏列宁农业科学院院士 П. А. 甫拉修克, 根据他們多年来对植物营养問題研究的結果汇编而成。全書共包括緒言等十个部分。作者在闡明很多种微量元素和超微量元素的生理作用、及其在乌克兰各种土壤中的分布情况的同时, 还着重地敘述了微量元素的錳在实践上的意义及其施用方法。此外, 作者还介绍了借助于示踪原子方法所完成的研究結果, 并闡述了放射性物質的电离輻射对植物有机体生理过程的影响及其对提高农作物产量的意义。

本書可供植物生理工作者、农业科学工作者、高等学校学生和中等学校教师参考。

目 录

引言.....	1
一. 用錳肥改善植物的营养条件	3
二. 新型肥料——錳化过磷酸鈣	21
三. 微量元素錳对提高植物生活力的意义	26
四. 植物对于超微量元素的生物选择性	38
五. 乌克兰苏維埃社会主义共和国土壤中可移动状态的 微量元素(鋅、硼、鈷和銅)的含量	52
六. 利用示踪原子法作为改善植物营养条件措施的根据	60
七. 核輻射对植物的影响	76
八. 放射性同位素鋅和鈷的小剂量电离輻射对植物的影响	91
結論.....	105

引 言

蘇維埃社会主义共和国联盟发展国民經济的第六个五年計劃規定:为和平的目的广泛利用原子能并扩大放射性同位素在工业、农业和医学中的应用。

放射性同位素法,或称之为示踪原子法,使生物学家們有可能研究植物和动物有机体内与在微生物区系和土壤中所发生的最奥妙和难解的生理作用。近 10 年来借示踪原子之助已能確定土壤和肥料中的营养物质进入植物体的規律,这些物质在植株各个部分分布的規律以及它們参加植物和动物有机体内的新陈代謝的規律。利用示踪原子所得到的有关植物体与环境的相互关系的資料具有很大的实践意义,因为它使我們能够科学地拟定出如何最适宜地改变植物的生存条件以提高植物生产量的方法。

在生物学和农业中,示踪原子同时也被用于其它目的。如所週知,某些放射性物质能产生致电离核輻射 (ионизирующие ядерные излучения),在它的影响下周围环境中的中性粒子 (分子和原子) 都会带电并活跃化。这些射线时常发生于植物生长的自然条件中。例如,所有类型的鉀肥中所含有的少量的 (鉀的总量之 0.012 %) 放射性鉀都是核輻射的源泉。

植物为了正常的发育,除了需要大量元素和微量元素而外,还必需一定的极少量的电离放射性輻射的作用。

核輻射对植物的影响,决定于它的类型、剂量和穿透能力,并决定于植物有机体对电离輻射的反应、植物的发育阶段、营养条件、馴化程度及其生长时期。

核輻射直接地或間接地影响到植物体内所发生的生理作用。現有的試驗材料証明,核輻射象微量元素一样能加强植物的生物化学作用和新陈代謝,增强土壤微生物的活跃性并提高植物的产量。

綜述在农业中研究和应用微量元素与放射性物質这方面的科学研究的实验結果,就是本书的目的。

一. 用錳肥改善植物的营养条件

蘇維埃的學者們擬定出在農業中使用微量元素肥料的方法，對於作為獲得豐產基礎的植物營養的學說作出了很大的貢獻。現代的植物營養生理學極端注意植物的生物學特性、酶作用與微量元素之間的相互關係。

使用錳礦工業的廢物（礦渣）所提供的錳肥，是促使農作物提高產量和改善農產品品質的方法之一。現今，烏克蘭每年在 50 萬公頃面積上使用錳肥。

我們進行了很多研究以期提供生產中使用錳肥的根據，其中主要的部分就是研究烏克蘭和摩爾達維亞蘇維埃社會主義共和國土壤中錳的含量，以及查明錳在植物生活中的生理作用 and 生產效力。1953 年，我們在基輔附近的草甸-黑鈣灰化土壤中，研究了九區輪作田中（休閒，冬作物，糖用甜菜，春作物間播牧草，牧草，冬作物，玉米，豆類作物，冬作物）的游離態錳的動態。研究證明，含有全部有機酸複合物的根分泌物，能經常促使難溶的包括錳在內的營養物質分解並使其能為植物所利用。

應當指出，在錳肥的影響下，在所有的輪作制中，為植物準備食料的微生物區系的成分都會發生劇烈的改變。在錳渣影響下的第一年，耕作層中細菌的數量已增加至每克土壤 108.54 萬，而對照僅為 86.32 萬。重複施用錳肥時，各種作物的微生物區系的數量都增加了一倍半至兩倍。

在土壤中微生物區系總量增大的同時，游離態錳會累積，它在個別作物根際範圍內的含量指標常較根際範圍外高得多。譬如，1953 年 6 月在栽種糖用甜菜的對照小區中錳的含量是：根際外為 0.0106%（絕對干物質量的%），根際內為 0.0145%；在施用了有機-無機肥料的小區中，錳的含量相應地為 0.0155% 和 0.0202%，當施

入锰渣时则相应地为 0.0203% 和 0.0209%。

1953 年 7 月在对照小区中锰的含量是：根际外为 0.0174%，根际内为 0.0192%；在施用有机-无机肥料的小区中，则相应地为 0.0186% 和 0.0189%，而当用锰渣改善这种营养方式时，则相应地为 0.0216% 和 0.0239%。收获糖用甜菜时对照小区中，根际外锰的含量是 0.0124%，而根际内则为 0.0152%。在施用有机-无机肥料的影响下，根际外锰的积累量是 0.0141%，而根际内则为 0.0159%。由于在土壤深耕时每公顷施用了 3 公担的锰渣以改善植物的营养，虽然糖用甜菜根部的产量大大提高，根际外锰的含量仍为 0.0156%，而根际内则增加至 0.0209%。

1953 年 5 月在栽培每年生牧草的对照区中，根际外锰的含量是 0.0236%，根际内是 0.0240%；可是施用有机-无机肥料的小区中则相应地为 0.0245% 和 0.0247%，而当用锰渣改善这种营养方式时则相应地为 0.0251% 和 0.0254%。收割牧草后，在对照区中根际内锰的数量减少至 0.0154%，根际外则减少至 0.0135%；在施用有机-无机肥料的影响下的第二年，根际内锰的含量为 0.0183%，根际外则为 0.0164%，而当用锰渣改善这种营养方式时则相应地为 0.0167% 和 0.0215%。

以燕麦作为多年生牧草的保护作物时，也呈现出大致相同的景况。

由此可见，土壤中游离态锰的最大数量，是于 1953 年 5 月在栽种多年生牧草的地理观察到的，这与其根部分泌了大量能活跃土壤微生物区系的生命活动的氨基酸有关，也与在它根系衰亡部分的分解的影响之下所形成的还原性的环境反应有关。此外，牧草的根部钻入到更深的土层而将锰自下层携至上层的结果，同样也促进了锰的积累。

但同时，在栽培牧草的土壤中锰含量的增加也不是如某些研究者们（例如 Сердобольский, 1950）所认为的那么大，他们是主张在轮作中不施用锰肥的。

随着锰渣的施入，土壤中游离态锰的数量也增大了，因此轮作中

所有作物的产量,通常都会提高。

表 1 锰肥对糖用甜菜产量的影响(公担/公顷)

研究年代	糖用甜菜的产量		增产数	糖的收获量		收获量 的增产数
	厩肥 + N P K	厩肥 + NPK + Mn		厩肥 + N P K	厩肥 + NPK + Mn	
	弱灰化砂壤土					
1948	359.3	391.1	31.8	—	—	—
1949	376.0	391.0	15.0	70.3	71.6	1.3
1950	407.3	428.8	21.5	79.02	85.33	6.31
1951	366.5	384.3	17.8	71.5	74.9	3.4
草甸-黑钙灰化土						
1952	333.8	363.1	29.3	61.1	65.7	4.6
1953	303.4	332.4	29.0	54.4	60.9	6.5
1954	302.7	332.6	29.9	49.3	54.9	5.6
1955	432.0	465.6	33.4	81.3	87.9	6.6

由表 1 的资料可见,用锰肥改善有机-无机肥料营养方式能促使糖用甜菜的产量提高,并可增大单位播种面积的产糖量。锰肥对谷物-甜菜-大巢菜轮作中的其它作物的产量也引起了相似的影响(表 2, 3)。

由表 2 中所列的资料可以看到,无论在弱灰化砂壤土或是在草甸-黑钙灰化土上,不管前作物如何和有无多年生牧草,锰肥能在六年期间内大大地提高冬小麦的产量。

由表 3 可以看到,对锰肥最敏感的春小麦品种是留切斯前斯 104, 其增产数为 3.6 公担/公顷。

在锰肥的影响下,1949 年多年生牧草的干草产量由 72.1 公担/公顷(对照)增加到 82.3 公担/公顷,而在 1951 年则由 100.2 公担/公顷(对照)增加到 120.7 公担/公顷。在锰肥的影响下,1954 年玉米的产量比对照的 62.9 公担/公顷增加了 4 公担/公顷。

表 2 鋁肥对冬小麥产量的影响(公担/公頃)

研究年代	前 作 物	冬 小 麦 的 产 量		增 产 量
		未施鋁肥	施 鋁 肥	
弱 灰 化 砂 壤 土				
1949	絕對休閑	38.4	40.2	1.8
1950	新翻耕的牧草地	20.1	21.6	1.5
1951	同 上	38.8	40.6	1.8
1951	草軸草的半休閑地	35.6	37.1	1.5
草 甸-黑 鈣 灰 化 土				
1952	新翻耕的牧草地	32.1	34.9	2.8
	草軸草的半休閑地	30.0	32.8	2.8
1953	同 上	31.2	33.3	2.1
1954	同 上	26.4	28.9	2.5
1955	同 上	36.1	38.4	2.3

表 3 鋁肥对弱灰化砂壤土上春小麥产量的影响(公担/公頃)

研究年代	品 种	春 小 麦 的 产 量		增 产 量
		未施鋁肥	施 鋁 肥	
1945	留 切 斯 前 斯 62	22.8	25.0	2.2
	留 切 斯 前 斯 104	15.1	18.7	3.6
1948	留 切 斯 前 斯 62	16.2	17.8	1.6
1949	義美恰斯卡亚阿尔納烏特卡	14.4	15.5	1.1
1951	義美恰斯卡亚阿尔納烏特卡	16.0	17.3	1.3

我們还研究了鋁肥在輪作中对燕麦的后效应。1949年,未施鋁肥时燕麦的产量为 35.9 公担/公頃,施过鋁肥則为 37.1 公担/公頃,在 1950 年則相应地为 19.4 公担/公頃和 21.7 公担/公頃,而 1951 年則相应地为 21.4 公担/公頃和 23.0 公担/公頃。也观察到荞麦的产量有大致相似的增长。1951 年未施鋁肥的荞麦产量为 16.2 公担/公頃,可是施用鋁渣的則为 17.5 公担/公頃。

由此可見，用錳肥改善营养方式，就促进了輪作中所有作物的生产量的增高。

采用不同剂量、时期和方法，来施用錳肥，能大大提高个别作物的产量及其品质。

譬如，1954 年在基輔附近的草甸-黑鈣灰化土上，随深耕而每公頃施入 1 公担錳渣时 (A. П. Кибаленко 的試驗)，糖用甜菜的产量由 393 公担/公頃 (对照) 增加到 401 公担/公頃，并且含糖量也由 16.2% (对照) 增加到 16.6%；当每公頃施用 2 公担錳渣时产量为 411.4 公担/公頃，含糖量为 16.6%，而当每公頃施用 3 公担錳渣时，产量則增加到 433.1 公担/公頃。当每公頃施用 1 公担錳渣于行間时，产量仅增加了 7.4 公担/公頃且含糖量增加了 0.6%，而当在行間施用較少量的錳渣时为 0.5 公担/公頃，产量則提高了 61.3 公担/公頃，而含糖量也增加了 0.7%。

当每公頃以 0.5 公担錳渣对糖用甜菜作为追肥 施用 时，根的产量增加了 55 公担/公頃并且含糖量也提高了 0.6%，而当每公頃用 0.05% 的硫酸錳溶液 400 公升进行根外追肥时，根的产量增加了 51.3 公担/公頃，且含糖量也提高了 1.1%。

1954 年在基輔州科仁斯克 (Кожанск) 国营农場的輕度淋溶黑鈣土上，将錳渣施于糖用甜菜的行間时，糖用甜菜的产量提高了 30 公担/公頃。当每公頃施用 0.25 公担錳渣时，糖用甜菜的产量則由 260 公担/公頃 (对照) 增加到 290 公担/公頃。同时，在第一种情况下含糖量提高了 0.3%，而在第二种情况下則提高了 0.1%。当每公頃施用 0.5 公担錳渣作为追肥时，糖用甜菜的产量增加了 54 公担/公頃，而当每公頃施用 0.25 公担錳渣作为追肥时，产量則增加了 32 公担/公頃。当用 0.05% 的硫酸錳溶液进行根外追肥时，产量則增加了 23 公担/公頃且含糖量也增加了 0.50%。

試驗証明，用硫酸錳对糖用甜菜作根外追肥，比之于根部追肥有更大的效果。在基輔州馬图索夫斯克 (Матусовск) 国营农場的輕度淋溶黑鈣土上，糖用甜菜的根外追肥能保証使产量增加 85 公担/公頃 (对照的产量为 237 公担/公頃)，并且含糖量也提高了 0.7%。在

苏麦州庫揚諾夫斯克 (Куяновск) 国营农場的中等腐殖質化黑鈣土上, 用 0.05 % 的硫酸錳溶液对糖用甜菜进行根外追肥时, 产量增加了 78 公担/公頃 (对照产量为 319 公担/公頃), 而当作为根部追肥时, 产量則增加了 77 公担/公頃。

近来我們研究了在灌溉的条件下施用錳肥。我們在赫尔松蔬菜国营农場的栗鈣土上研究了在非灌溉和灌溉的条件下, 錳肥对番茄的影响, 并得到了以下的結果, 当每公頃施用 5 吨腐殖質与无机肥料 (每公頃 30 公斤氮, 45 公斤磷和 30 公斤鉀) 时, 番茄的产量由对照 (未灌溉且未施肥) 的 158 公担/公頃增加到 188 公担/公頃, 而当在这个基础上再施用錳肥时, 产量則增加到 195 公担/公頃。在灌溉条件下, 未施肥时, 番茄的产量为 234 公担/公頃, 当施用腐殖質与无机肥料时, 則为 288 公担/公頃, 而当用錳渣改善营养时, 則为 299 公担/公頃。

由此可見, 在干草原地区, 于灌溉条件下施用錳肥有更良好的結果。

正如我們研究工作所指出的, 錳肥能促使植物更节约地消耗营养物质以便于构成产量, 并可提高呼吸強度和光合作用強度, 加速新陈代谢、糖的形成和轉移, 加固禾谷类作物莖稈中的机械組織, 提高合成作用的活跃性, 其結果使农作物的产量增高和品質改进。微量元素錳是植物体内氧化-还原作用的活化剂, 除了乌克兰境內的強酸性灰化土而外, 它能促使所有土壤中的氨态氮素养料氧化和硝酸态氮素养料还原。在这些土壤条件下, 尤其是在非黑土地帶, 我們建議施用錳肥, 其方式可用硫酸錳溶液进行根外追肥或者是播种前处理种子。

应当指出, 在乌克兰的森林草原地区和西部各州栽培糖用甜菜时, 施用錳肥可加强呼吸作用时的气体交換, 并加速糖由叶片向叶柄再向根部的积累和轉移, 提高蔗糖轉化酶的合成活性, 并且糖用甜菜根部的产量平均增高 22—34 公担/公頃, 以及提高含糖量 0.11 %—0.33 % (对照的产量为 212—240 公担/公頃, 含糖量为 18.2—19.1 %)。在先进的农业技术条件下, 施用錳肥时, 糖用甜菜根部的产量, 平均增高 48—60 公担/公頃, 而含糖量平均提高 0.85—1.52 %。

在栽培糖用甜菜时,如将大量(4—6公担/公頃)錳渣,施于有机和无机肥料用量过大的田间,且肥料中富含錳的混合物、以及土壤中富含游离态錳时,即发现錳有不利的影響。例如在类似条件下所进行的310个試驗中,总产量降低者有16%,而含糖量百分率降低者有33%。

栽培冬小麦时施用錳肥,其产量提高了2.5—3.2—4.7公担/公頃(对照为19—28公担/公頃),籽粒中蛋白質和粗蛋白增多了,莖稈中的机械組成增強了,并且在大多数的情况下,小麦的倒伏現象减少了48—52%。

1954年,在基輔州波利斯波尔斯克(Бориспольск)地区的“走向共产主义”集体农庄里,根据我們的建議在8公頃面积的土地上,对冬小麦追施了錳肥。在4公頃的小麦地上,每公頃施用了30公斤混有土的錳渣,而在4公頃的对照地上則未施肥。在籽粒的腊熟期中,对照田里的小麦倒伏了,而在用錳渣进行过追肥的田里,甚至还未发现有倒伏的傾向。在錳肥的影响下,未倒伏的小麦的机械組織比倒伏小麦的机械組織要发育得好些,且細胞壁也要厚些。

在測定未倒伏小麦的莖稈和已倒伏小麦的莖稈的折断力时已確定,前者在荷重132克的情况下被折断,而后者在荷重112克时被折断。用錳肥追施于小麦时,所生长的坚实的莖稈,每1厘米重17毫克,而对照仅重11毫克。关于冬小麦莖稈的更深入的分析和解剖学的研究証明,在錳肥的影响下莖稈的主要薄壁組織已发生木质化并且起着机械組織的作用,同时其千粒重也由32克增加至44克,且籽粒的产量也提高了大于2—3公担/公頃。

因而可見,甚至象每公頃施用30公斤錳渣,这样不大的剂量对冬小麦进行追肥也是极有效的,因为它能促使产量增高2公担/公頃并消除了谷类作物的倒伏性。

在盆栽試驗中,由于施用錳肥,玉米籽粒的重量平均增加了25%,黍則增加了28%,菸草叶片的重量平均增加了20%,大麻种子的重量則平均增加了24%。同时也改进了玉米的品质,因为其籽粒中碳水化合物的总含量增高了20%。在錳肥的影响下菸草叶片

中菸鹼的含量也增高了，大麻种子中脂肪含量增大了并且莖稈中纖維素的含量和纖維的品質也都提高了。微量元素錳促使叶片中蔗糖轉化酶的合成活性加強，并促进了上述所有作物的营养的生理状况的改善。

在錳肥的影响下蛇莓和草莓果实的产量提高了 12—29 公担/公頃，含糖量增加了 1.58—2.2%，而丙种維生素的含量則增加了 14%。在錳肥的影响下蔬菜作物的产量同样也增加了：馬鈴薯——60 公担/公頃，黃瓜——40.5 公担/公頃，番茄——36 公担/公頃，甘藍——50 公担/公頃，青茄子——5.4 公担/公頃。

錳肥使車軸草干草的每克干物質的发热力提高了 150—250 卡。它的这种特性应当广泛地用来提高飼料的品質和畜牧业的生产量。

我們所进行的試驗証明，用栽培在施过錳肥的田地上的黍的莖稈、大巢菜-燕麦的混合飼料或牧草的干草来餵飼乳牛时，乳牛的泌乳期延长了 2—3 週且产乳量也增大了 10—15%。

我們研究了微量元素錳在植物生活中的生理作用及其生产效率，以作为广泛利用錳肥的理論根据。我們的研究工作証明，錳的生理作用在于提高酶系統的活性和氧化-还原过程，并且这种微量元素的影响，就决定着新陳代謝的加強和植物生产量的提高。借助于新的研究方法(示踪原子法，色层分离法，改进的顯微鏡法)来闡明錳的生理作用，对全面地研究錳肥并分別将其用于各种作物都开辟了广闊的可能性。例如，已經確定，在錳改善植物的营养条件时，就促使光合作用的生产效力提高，促进糖的形成和轉移，并使轉化酶和其它酶的合成机能有更活跃的表现，其結果加強了新陳代謝，显著地提高了农作物的产量和品質。

由于应用示踪原子方法，我們发现了：当在糖用甜菜的叶片上，施以磷的放射性同位素（每株 1 微居里），并同时施加錳肥（每株 15 毫克）时，比分別地追加这些元素更有效果。当同时追施放射性磷和稳定性的磷时（前者每株 1 微居里，后者每株 120 毫克磷酸），核輻射或者完全未影响到糖用甜菜根的重量，或者是使其减小了。但同时追施放射性磷和錳时，显著地改进了核輻射对植物的影响，其結果糖

用甜菜根的重量达到了 527 克,而对照的重量仅为 342 克,且含糖量提高了 0.7—0.9%。

我們对这些作物,如多年生牧草,所进行的生理研究証明,甚至在錳肥的后效作用之下,也大大地提高了干草的产量,降低了纖維素的含量,增加了牧草叶片中蛋白质化合物的累积,并由于抗坏血酸和葫蘆卜素含量的增大也提高了維生素的含量。所有这些反应大概都是由羧化酶类的特殊的酶所促成的,而这些酶的作用是需要錳的。錳的作用在于它参与在酮酸和酶蛋白之間形成不稳定的絡合物,这种絡合物在分解过程中,能引起酮酸的脱羧作用。

我們在研究錳肥对冬小麦留切斯前斯 17 品种的籽粒的影响时已確定,除了能提高产量和籽粒的千粒重而外,籽粒中湿面筋和干面筋的含量也显著增高了。如所週知,面筋的作用在于保存不能形成气体的醱酵产物,这种产物能促使获得更加多孔的、优质的面包。在錳的影响下,除面筋含量提高外,总氮量和总蛋白质质量也大量积累并且小麦籽粒的透明度也增大,这就大大地改善了所获得的营养产品的食用价值。我們已確定錳肥能提高面筋中麦胶蛋白的含量及并改善其与麸质的比例,这就証实了蛋白质代謝的加强以及由于更简单的化合物——酪氨酸、甘氨酸和丙氨酸的凝結而加速蛋白质的合成作用(甫拉修克, 1940)。

关于錳肥对冬小麦产量和品质影响的研究結果列在表 4 中。

由表 4 可以看出,錳肥增大了籽粒的千粒重、蛋白质和面筋的含量,以及改善了麦胶蛋白(麸蛋白)与麸质的比例。

在播种前用温度为 40—45°C 的 0.05% 的錳盐溶液进行种子的热处理能大大提高玉米、棉花、荞麦和其它作物植株的生活力,这表现在加速其生长和发育,获得新的性状,譬如,对不良条件的抵抗性,尤其是抗病性的增高等等。1954 年,在这种方法影响之下,于 2,000 公頃面积土地上平均增产:玉米 1.5—5.4 公担/公頃,荞麦 2—3 公担/公頃,黍 3 公担/公頃,而冬小麦在 560 公頃面积土地上平均增产 2.75 公担/公頃。

在播种前用浓度为 0.01%、0.1%、1.0% 的硫酸錳溶液处理玉米

表 4 锰肥对冬小麦籽粒的

营 养 方 式	产 量 (公担/公顷)	籽粒的千 粒重(克)	面筋的含量 (%)		面筋的 伸长度 (厘米)	籽粒的 透明度 (%)
			湿的	干的		
对 照	22.6	40.9	15.80	3.95	23.0	66.0
有根-无机肥料	32.8	44.5	16.80	4.20	28.0	75.0
有机-无机肥料加锰肥	34.3	45.9	19.60	4.90	30.0	80.0

冬小麦和大巢菜的种子 24 小时,大大地加速了种子的萌发(表 5)。

由表 5 可以看到,甚至象 1.0% 这样比较高浓度的硫酸锰溶液尚未使幼苗受到抑制作用。在测定玉米的幼根时查明了,其长度的增长(对照的长度为 1.0 厘米)按溶液的浓度相应地为 1.1—2.7—1.85 倍,而大巢菜幼根的长度(当对照的长度为 1.48 厘米时)相应地为 2.7—2.45—2.10 厘米。因此,在播前用硫酸锰溶液处理种子能促使幼苗更旺盛地生长,因为在锰的影响下大大地提高了植株的生活力。

表 5 种子的萌发势 (%)

试 验 处 理	玉 米		冬 小 麦		大 巢 菜	
	第 1 天	第 2 天	第 1 天	第 2 天	第 1 天	第 2 天
对照(在水中浸种)	25	92	29	95	40	73
在硫酸锰溶液中浸种:						
0.01% 的浓度	71	99	48	99	62	84
0.1% 的浓度	50	99	45	96	63	82
1.0% 的浓度	30	87	28	97	40	86

我们同时研究了锰进入到玉米和冬小麦种子的胚和胚乳中,进入到大巢菜的子叶和胚中的情况。锰在冬小麦种子中积累较多,而在大巢菜种子中则较少。锰在玉米、冬小麦和大巢菜胚中的含量较胚乳中为多。这就证实了胚有高度的生物选择特性——从外界环境中