

高等学校教学用书



无机肥料与无机盐工艺学

M. E. 波任著

高等教育出版社

高等学校教学用书



无机肥料与无机盐工艺学

M. E. 波任著
胡先庚译

高等教育出版社

本書是根据蘇聯國立化學科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 1956年出版的波任 (М. Е. Позин) 著“無機肥料与無機鹽工艺学”(Технология минеральных удобрений и солей)一書譯出。原書經蘇聯高等教育部批准為高等学校化工院系的教科書。

這本書的內容比較簡練，完全根据教學大綱寫成。但在取材方面還是從全面考慮的，既從生产工艺的角度來闡述，又從理論方面加以探討。全書計五篇，共十六章。第五篇系作者在教學大綱以外為同學們安排的選修資料。

書中很大的篇幅是論述無機肥料、作農藥用的無機鹽及工業上使用的一些無機鹽的各個生產及這些生產的物理-化學原理。另專有一篇討論無機鹽工艺的一般原理，其中亦包括物理-化學分析的內容。

本書由化工部胡先庚翻譯，在譯校過程中亦蒙付究謨、管冬生協助，謹此致謝。

無機肥料与無機鹽工艺学

M. E. 波 任 著

胡 先 庚 譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內景風寺7號
(北京市書刊出版業營業許可證出字第054號)

上海市印刷三廠印刷 新华書店發行

統一書號 15010·754 開本 850×1168 1/32 印張 11 6/16
字數 279,000 印數 1—7,000 定價 (4) 洋 1.60
1959年6月第1版 1959年6月上海第1次印刷

序

1949年曾出版过一本作者所写的“无机盐工艺学”。該書是供化工学院的大学生学习无机肥料和无机盐用的，可把它当作无机物工艺学普通教程的一部分。从这一書的教学实践看来，篇幅似嫌过大——学生们掌握書中材料所花费的时间，要比教学计划所规定的時間多得多。这就要求编写一本新的簡明教科書，并对近年来在无机肥料和无机盐生产中取得的巨大技术发展加以反映。

本書是作者重新編写的，其内容与高等工业学校管理总局在1955年批准的高等工业学校用“无机物工艺学”教程的教学大綱相符。書中对各种生产方法的叙述，是以分析各种过程的物理化学本質为基础的，这使我们能够批判地对待現行的各种流程和操作制度，从而选择实现这些过程的合理条件。

書中第一篇簡述了无机盐工艺学中的某些共同性的問題；較詳細地闡明了盐类在水中溶解度的几何表示法的原理，在理解現代工艺措施方面，这种表示法的作用特別巨大。下边三篇是分述无机肥料和无机盐的各个生产及这些生产的物理-化学原理。

根据一些高等学校的意願，在書末又补增了第五篇，簡述制盐术的知識，作者認为把这一篇作为选修还是恰当的。这一篇的内容不在本課程的教学大綱范围之内，故用小字排印。

这一課程的分量有限，因而本書也就只能討論那些在国民經济中意义最大或教学要求上特別应当列入的生产。根据同一理由，書中未把对于了解所述工艺过程原理不必需的参考性的材料列入。因此，本書只能作一本无机肥料和无机盐普通教程的教科書，不能作为畢業設

計的全面指南，欲滿足後者的需要，可從每章後面所附參考書刊中查索這方面的補充參考材料。

在闡述各個問題時，作者總結了生產經驗，援用了許多專書及期刊所發表的論文。在參考書刊目錄中，僅把那些建議學生作補充參考材料的書列入。這些目錄並不是要指出這些書的作者有優先地位。在書的本文中僅把那些建立無機工藝學基礎的最偉大的科學家的名字提出。更詳細的書刊介紹恐會給大學生們選擇必需的文獻帶來困難，因他們時間有限，又要更深入地鑽研問題。

除了這本可供無機肥料和無機鹽工藝學作課前預習及準備應試的簡明教科書以外，大學生在進行課程設計和畢業設計及在生產實習時，還應參考此項工藝的更詳盡的專書，這方面的專書有作者所編并補充修訂過的新的“無機鹽工藝學”。

書中除採用科技術語外，還引用了在工業實踐中廣泛流行的俗名。

作者僅向 B. И. 阿特羅索科、A. X. 布龍尼科夫、B. B. 弗雅佐沃夫、Ю. Я. 卡崗諾維奇、B. A. 科丕列夫、H. C. 拉普申和 A. Д. 別爾什等同志對手稿的校閱致以謝忱，并歡迎一切批評和意見，使本書得以提高。

M. 波任

目 录

序

第一篇 无机盐工艺之一般原理

第一章 无机肥料和无机盐在国民經济中的意义	1
无机肥料和无机盐在农业上的意义	1
无机盐的工业用户	7
无机肥料和无机盐生产的發展	9
生产无机肥料和无机盐的原料	12
参考書刊	14
第二章 肥料和盐类生产中的标准过程和工序	15
盐类生产的标准过程	15
焙燒	17
强化焙燒过程的方法	24
溶解与浸取	27
結晶	30
使杂质呈不溶物而沉淀的溶液淨制法	35
盐类的結塊現象	37
参考書刊	39
第三章 盐类溶度圖	41
二组分系統	43
結晶呈无水形状的盐类的溶度圖	43
溶液的等溫蒸發与冷却	45
連接直綫規則和杠杆規則	46
具有明显極大点的溶度曲綫	47
具有隱蔽極大点的溶度曲綫	49
饱和溶液与水合結晶上方的蒸气压力	50
三组分系統	52
用等边三角形表示三元混合物組成的方法	52

三元系統的多溫綫	54
多溫綫的等溫截面	58
等溫蒸發溶液时盐类的結晶	59
具有水合結晶的系統	60
具有复盐的系統	61
混合晶	65
三元系統在直角坐标軸上的溶度圖	66
四組分系統	72
簡單四組分系統	72
簡單四組分系統的斜射投影圖	73
水圖	77
用直角坐标軸画的簡單四元系統的等溫綫	79
盐类的相互系統	80
盐类互相系統的正方形圖	82
参考書刊	88

第二篇 无机肥料

第四章 磷肥	89
磷及其化合物的性質	89
磷和磷酸盐的用途	94
磷酸盐原料及其加工方法	96
磷和磷酸	99
从磷塊岩中升华磷的物理-化学原理	101
磷的电升华	103
黄磷之制取	105
热法磷酸之制取	109
萃取法磷酸之制造	112
磷酸之濃縮	120
磷矿之硝酸分解	121
过磷酸鈣	124
制造过磷酸鈣之物理-化学原理	124
过磷酸鈣之生产	131
粒状过磷酸鈣	143
双料过磷酸鈣	146
沉淀磷肥	149
热法磷肥、熔制磷酸盐及脫銀磷酸盐	155
参考書刊	157

第五章 氮肥	159
含氮盐类的性质及其用途	159
硫酸铵	163
制造硫酸铵的物理-化学原理	163
用湿法制造硫酸铵	166
用干法生产硫酸铵	168
由石膏制造硫酸铵	170
从芒硝制造纯碱和硫酸铵	171
硝酸铵	171
硝酸铵的生产流程	172
硝酸铵的吸湿性和结块性	175
硝酸铵的粒化	176
用斯坚格利法制造硝酸铵	177
以硝酸铵为基础的混合肥料和复杂肥料	178
肥料的混合	180
磷酸铵	183
磷酸铵肥料(安福粉)	183
硫酸磷酸铵	185
硝酸钠	186
硝酸钾	190
硝酸钙	195
用中和硝酸的方法制造硝酸钙	196
从含硝尾气制造硝酸钙	197
参考书刊	198
第六章 钾肥	200
钾盐的用途	200
原料	200
用钾石盐制造氯化钾	202
加工钾石盐之物理-化学原理	202
加工钾石盐的工艺流程	204
不用溶解从钾石盐中提取氯化钾的方法	211
浮选法	211
水力分离法	212
用光卤石制取氯化钾	213
生产过程的物理-化学原理	213
加工光卤石的主要流程	214
硫酸钾	216

硫酸钾肥料	216
制造硫酸钾的方法	218
参考书刊	220

第三篇 作农藥用的无机盐

第七章 氟盐	221
氟盐的性质与用途	221
氟化氢与氢氟酸	222
氟化钠	223
从过磷酸钙厂的废气中制取硅氟酸钠	226
参考书刊	231
第八章 砷盐	232
砷盐的性质与用途	232
亚砷酸钙	233
亚砷酸钠	235
巴黎绿和希尔可夫绿	235
砷酸钙	237
用空气氧化亚砷酸钠溶液的接触氧化法	237
硝酸法	239
参考书刊	242
第九章 氯化钡	243
性质、用途和制法	243
重晶石的还原	244
氯化钡的制取	247
盐酸法	247
碳酸钡法	251
氯化钙法	251
氯化镁法	255
参考书刊	257
第十章 硫酸铜(铜矾)	258
硫酸铜的性质和用途	258
由废铜制造铜矾	259
由白冰铜制造铜矾	263
由氧化铜及二氧化硫制造铜矾	264
参考书刊	266

第四篇 工业中使用的某些盐类

第十一章 硫化钠	267
硫化钠的性质和用途	267
硫化钠生产的物理-化学原理	267
制取硫化钠熔体的爐子	273
熔体的加工成为硫化钠	276
参考書刊	280
第十二章 铬盐	282
铬盐的性质和用途	282
原料及其加工方法	284
铬铁矿氧化焙烧的物理-化学原理	285
铬酸盐变为重铬酸盐的物理-化学原理	291
重铬酸钠的生产	293
重铬酸钾	300
参考書刊	301
第十三章 盐酸和硫酸钠	302
氯化氢与盐酸的物理-化学性质	302
氯化氢之制取	304
硫酸钠法	304
自元素合成氯化氢	309
氯化氢之吸收	313
氯化氢的冷却吸收	314
氯化氢的絕热吸收(不导出热量)	316
参考書刊	319

第五篇 制盐术

第十四章 天然溶液和固体沉积可溶盐層	320
盐層的形成	320
盐水的变質作用。盐湖的分类	323
参考書刊	327
第十五章 从天然来源提取盐类的方法	328
盐类矿層之开采	328
矿山工作	328
地下浸取	328

自沉盐的采取	330
盐田法制盐	331
参考書刊	333
第十六章 制盐工业之主要产品	334
氯化鈉	334
性質和用途	334
食盐之制取	335
硫酸鈉	336
性質和用途	336
芒硝在天然条件下的脱水	338
在工厂中进行的芒硝脱水法	340
自卡拉波加茲海灣的咸水和沉积盐層中制取硫酸鈉	345
溴和溴盐	346
性質和用途	346
由咸水中提取溴	347
氯化鎂和苦土	350
性質和用途	350
工业用氯化鎂之制取	351
苦土之制取	352
参考書刊	353

第一篇 无机盐工艺之一般原理

第一章 无机肥料和无机鹽在国民經济中的意义

早在远古时期,人們为了滿足自己的需要,就已开始利用某些分布很广的天然盐。以后,便开始逐渐使用从加工天然盐和矿物所得的盐类。此种加工方法,开始时極为簡陋,随着文化的日益發展,便漸趋完善。为各个方面所需用的无机盐,其品种不断增長,尤以工业發达时期为甚。现代,其品种名目已达数百种,且还在繼續增長中。

不是所有的无机盐均具有相同的經济意义。其中某些的使用量極为有限,而另一些的世界开采規模和生产量每年已达数百万乃至数千万吨。虽然这种或那种产品在国民經济中的实际意义,不能單以生产規模和消費量来衡量,但在大多情况下,这仍是主要因素之一。

无机肥料和无机盐在农业上的意义

在人工方法生产的一切无机盐中,生产規模最大的是作农业肥料用的无机盐。其中首推过磷酸鈣、鉀盐、硫酸銨和硝酸銨等等。所謂无机肥料,乃是含有可供植物作养料的元素的盐类,把它們施加在土壤中的作物附近以保証高產量和稳定的收获量。

植物的組成中含有很多元素:氧、氫、碳、氮、磷、鎂、硫、鉀、鈉、鈣、鐵、錳、碘等等。植物生長所必需的这些元素,能由植物从空气(碳和氧)及土壤(水和无机物)中吸取。某些需要量極少的元素(如鉄),在任何土壤中均含有足够的数量;另一些元素,特别是氮、磷、鉀,因为植物从土壤中吸取这些元素的量大,对植物的营养意义最大,故必須以肥料

的形式施入土壤中。某些元素，可以通过自然现象而部分返回土壤。例如植物组织中以有机物形式而存在的氮（在蛋白质的组成中，而蛋白质则是植物生命和动物生命的基础），腐烂时部分变为氨态氮，然后借细菌作用而成亚硝酸盐和硝酸盐形式，并重新被植物所吸收。然而，大部分营养元素不能再返回土壤，其中一部分被地下水从土壤中冲走，或者成为不适于被植物吸收的状态。

土壤中之营养物质含量的减少，如不借施肥予以补充，土壤势必贫瘠，致使收获量下降。此种现象亦能于土壤中尚储存有大量植物营养元素时发生，因为农作物之收获量与土壤中营养物质之总储量无关，而仅决定于其中可被植物吸收的那一部分的含量。可被植物吸收的那部分营养物质，虽可由其总储量中逐渐得到补充，但其补充速度却远远落后于农作物从土壤中吸出的营养物质。因此，施肥即成为保证高额收成的重要农业技术措施之一。

在苏联，在社会主义农业的条件下，根据俄罗斯学者 A. H. 恩格尔加尔特、Д. И. 門捷列也夫、K. A. 基米亞澤夫，特别是 Д. H. 普梁尼什尼科夫院士和其他苏联农业化学家们所创建的科学原理而有计划地进行营养物质循环，保证着土壤肥沃度之不断提高与收获量之不断增长。苏联农业先进生产者通过正确施肥及采取其他农业技术措施以获得高额收成的经验，正日益广泛地在推广着。

肥料的质量主要决定于其中可吸收形式营养物质的含量：氮肥——决定于其中的氮含量(N)；磷肥——决定于其中 P_2O_5 的含量；钾肥——决定于其中以 K_2O 计的钾含量。

收获量愈高，从土壤中吸出的营养物质愈多。关于收获物的增长量及增长量与从土壤中吸出的各种营养物质的关系可以根据表 1 和表 2 中所列举的大约数据加以判断。

当往土壤中施加完全肥料时（含氮、磷、钾的肥料），农作物的收获量能增高 50% 到 100%。

表 1. 农作物由土壤中吸取之营养物质量

营养物质	农作物吸取之营养物质量, 公斤/公顷			
	冬 小 麦		糖 蘿 卜	
	15 公担/公顷	30 公担/公顷	150 公担/公顷	270 公担/公顷
N	46	112	65—85	166
P ₂ O ₅	22	39	25—28	42
K ₂ O	28	77	60—70	157

表 2. 往土壤中施加磷、氮、钾肥后收获量增长情况*

农作物和产品种类	每施加一吨肥料之收获物增长量, 吨		
	P ₂ O ₅	N	K ₂ O
原棉.....	5—6	10—12	—
糖萝卜.....	50—55	120—160	40—50
糖萝卜糖.....	8—9	20	6—7
大麻纤维.....	4—4.2	5—5.6	—
大麻种子.....	1.5—1.8	2—2.2	—
马铃薯块茎.....	40—50	120	40—50
马铃薯块茎中的淀粉.....	6—6.5	17—18	5—5.5
冬小麦粒.....	7—8	12—25	3—4

* 表中所列者为平均的大约数据。确定收获物之增长量时考虑了下述这些条件: 土壤性质、气候条件、肥料质量、农业技术措施等等。

农业生产中往 1 公顷种植面积上所施用的肥料量如下: 氮肥——从 30 到 120 公斤 N; 磷肥——从 45 到 120 公斤 P₂O₅; 钾肥——从 40 到 200 公斤 K₂O。施用肥料不仅能增产, 而且可以提高农产品的质量, 如增加籽实中的蛋白质含量、马铃薯中的淀粉含量、糖萝卜和葡萄中的糖份含量; 提高棉花、亚麻纤维的坚牢度; 使植物更富抵抗力, 更能耐寒和抗旱。

在苏联的土壤气候条件极为不一, 且农业栽培作物种类繁多的情况下, 不仅需要大量的肥料, 而且要求的肥料品种很多。

从农业化学的意义上讲，肥料可分为直接肥料和间接肥料两种。前者是植物营养元素的来源，后者用以改善土壤的物理性质、化学性质和生物性质（如采用石灰中和土壤的酸性，加石膏以改良土壤，等等）。直接无机肥料一般含有三种主要营养元素——氮、磷和钾。这些肥料又细分为单元肥料和多元肥料。单元肥料只含有一种营养元素，多元肥料含有两种以上的营养元素。根据营养元素的数目，多元肥料又分为二元肥料和三元肥料。三元肥料亦称为完全肥料。

此外，根据肥料的组成将其分为简单肥料、混合肥料和复杂肥料。简单肥料是指一种形式中只含有一种营养元素（例如 NaNO_3 中的 N）。混合肥料系把不同类粒子的数种肥料用机械方法混合起来的肥料。但如在工厂的设备里用化学反应方法制成含有几种营养元素的一种肥料，则称为复杂肥料。肥料之分为复杂和混合的，在某种程度上讲是一种条件式的概念。混合肥料在贮存期中，由于构成混合物诸组分间发生化学反应，往往变成了复杂肥料。

复杂肥料由含有几种形式营养元素的同类粒子构成，细分为组合复杂肥料（或称为无冗物复杂肥料）、接触复杂肥料和接触-组合复杂肥料三种。第一种里面，一种形式的营养元素包含在阳离子组成中，另一形式则包含在阴离子内；第二种复杂肥料，是数种盐共同结晶或熔合所得产品，除含营养元素外尚含其他元素；至于第三种，则是组合肥料跟简单肥料共同结晶或熔合而成的产物。

供植物营养的肥料，当植物对其中所含元素的需要量极少，但这些元素能刺激植物成长者，称为微量肥料，而含于其中的营养元素则称为微量元素。这类肥料，往每公顷土壤中施加的量仅几百克或几千克，如含硼、锰、铜、锌等等元素的盐类。

微量肥料对植物的成长所起的作用很大。当土壤中缺乏它们或不足时，会使植物发生病害，收成下降及收获物质量不佳。例如，在一公顷土地上共施用 0.5 公斤的硼，就能提高亚麻收获量达 30%，而施加

少量的錳，玉米收成可以增加 40—79%；施用銅肥后，能使泥炭土壤上的春麦每公頃提高收成 3.8 到 15 公担。

做微量肥料用的，一般不是微量元素的純盐，而是含有这些微量元素的天然矿物或工业廢料。例如利用含銅的黃鉄矿灰渣，硼化合物生产中的含硼廢料，精选錳矿石所得矿泥，等等。若用純盐做植物的微量营养元素，一般都不施加到土壤里，因这会大量損失，而是在播种前用之浸漬种子，或把它做成溶液来噴洒植物（根外营养）。

植物吸收肥料的多寡，决定于肥料的溶解度和土壤的性質，首先决定于土壤溶液中氫离子的濃度。例如有些土壤具有一种使植物能从实际上不溶于水的磷酸三鈣中吸取 P_2O_5 （虽然很慢）的性質，特别是从磷酸三鈣的細分散变体——磷塊岩粉——和骨粉中吸取 P_2O_5 。植物从各类磷肥中吸收 P_2O_5 所必需的土壤溶液的氫离子濃度值是很不一样的。有一种鉴别 P_2O_5 的可吸收性的方法，是考察磷酸盐化合物在某些人工配成溶液（其酸度接近于土壤溶液的酸度）中的溶解度，即考察在檸檬酸鈉的氮溶液和 2% 的檸檬酸溶液中的溶解度。

按磷肥溶解度的不同，将其分为水溶性、檸檬酸鈉溶性（即溶解于檸檬酸鈉中）、檸檬酸溶性（溶解于檸檬酸、腐殖酸和其他弱有机酸）和难溶性或不溶性等几类。所有的氮肥都能溶解于水，用做肥料的鉀的化合物亦然。

施肥不仅能增大土壤中可被植物吸收的营养物質的量，且能影响土壤的物理性、物理-化学性及生物性，土壤的肥沃度也与这些性質有关。土壤溶液的 pH 值的改变是一个重要的因素。在土壤中施以具有酸性或鹼性的物質，能够适当地影响土壤溶液的 pH 值。可是，由于植物利用溶解盐的阳离子和阴离子的程度不同，有时施用中性肥料，土壤的 pH 值亦能發生变化。例如有系統地往土壤中施加 $(NH_4)_2SO_4$ 、 NH_4Cl 之类的物質时，土壤的溶液亦可能具酸性反应：氫离子代替了能被植物所吸收的阳离子而逐漸增多，使游离酸在土壤中积累起来。

其他肥料,如 NaNO_3 却能使土壤中 OH^- 离子增多。因此,仅以化学特性区别肥料是不够的,还应该依照足以致使阴离子和阳离子的利用程度不同的生理性能来加以区别。按此特征肥料又可分为生理酸性肥料、生理碱性肥料和生理中性肥料。后者不会使土壤溶液的 pH 值改变。

肥料的物理性质,对施肥所得的农业化学效果影响很大。作为肥料用的盐,其吸湿性不应太大;在保存期间不应结块变质;应当容易散施到土壤里,且能在土壤中保持相当时间而不被风刮走,或被雨水很快地冲失。粒状肥料最能满足这些要求,故其生产量和使用量均在不断增长。施用粒状肥料就能运用机械方法使用肥料机和播种机施肥。

除了肥料以外,农业还需要大量的植物保护剂和除莠剂。这类物质统称为农药 (пестицид)。这里面包括防治植物害虫(昆虫和啮齿类)和疾病的毒性药物,这些药物称为杀虫杀菌剂。其中用来消灭昆虫的称为杀虫剂;用来防止植物寄生真菌和细菌的,称为杀菌剂;用来消除壁虱属害虫的化学物质称为除螨剂 (акарицид);用于种子消毒的,称为浸种剂。通过外部复盖层而毒杀昆虫的杀虫剂称为接触杀虫剂;吮入肠道才能使昆虫中毒的称为肠毒杀虫剂。消灭啮齿类用的药剂称做杀动物剂。日益广泛采用除莠剂来消除杂草;田地的化学除草法能使这种繁重的劳动过程加快数百倍。此外,还使用去叶剂,它使棉花和蔬菜在收获前落叶,这就可以把作物收割工作机械化。另一类药剂能防止果实早落,保护庄稼。采用干燥剂 (десикант) 能使植物干燥。能有效地影响植物有机体的生理过程的,称为生长刺激素。往往同一种刺激素会收到不同的效果,例如剂量小时,可以使某种生理过程得到活化,但当用量大后,反而可部分或完全抑制植物的生长。农业上也还要使用防腐剂,以供土壤和籽粒的消毒、产物的保管,以及采用供各种食物和动物原料贮存用的防腐剂。

为了所有上述这些目的,须运用很多种化学物质,固态、液态和气