

C
DAN FEI DE
NONG YE
HUA XUE

氮肥的农业化学

〔苏〕Л. А. 柯连科夫著

农业出版社

氮肥的农业化学

[苏]Д.А.柯连科夫 著

尹崇仁 邱忠祥 译
朱理徽 王德清

尹崇仁 校

农业出版社

Д.А.КОРЕНЬКОВ
АГРОХИМИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
М., «Наука», 1976.

氮肥的农业化学
〔苏〕Д.А.柯连科夫 著
尹崇仁 邱忠祥 译
朱理徽 王德清
尹崇仁 校

农业出版社出版（北京朝内大街130号）
新华书店北京发行所发行 天津新华印刷三厂印刷

787×1092毫米32开本 10.25印张 236千字
1983年7月第1版 1983年7月天津第1次印刷
印数 1—6,600册
统一书号 16144·2657 定价 1.60 元

中译本说明

《氮肥的农业化学》这本专著是经苏联科学院农业化学和土壤研究所推荐于1976年底由苏联科学出版社出版的。本书作者Д.А.柯连科夫(Д.А.Кореньков)是苏联著名的农业化学家,全苏列宁农业科学院通讯院士,农业科学博士,历任全苏列宁农业科学院全苏肥料和农业土壤研究所副所长(1962—1965年)、所长(1965—1973年),现任该所的氮肥研究室主任。本书是他于1954—1974年在全苏肥料和农业土壤研究所所做的氮肥科研成果的总结。

本书的特点是对氮肥作了比较全面的论述。作者在评论各个氮肥品种时,首先概括而全面地剖析世界各国在这方面所做的研究工作,然后用自己的试验结果说明一些学术问题,并提出自己的见解。其中有些论点是比较新的。例如,作者根据日本的研究资料结合自己的试验结果认为:土壤对尿素分子的吸附比土壤对铵离子的吸附能力还要强。此外,作者对各种氮肥(其中包括长效氮肥、复合肥料、液体氮肥等)的工业生产及其发展前途也都做了综合的分析和介绍。

本书能帮助我们了解当前世界氮肥的研究水平,对我国氮肥的农业化学研究工作和农业化学的教学工作以及氮肥的工业生产和农业生产实践中氮肥的合理施用都有一定的参考价值。

原书中,作者在介绍其他研究工作者的科研工作时,提到了各国许多科学工作者的姓名,这主要是便于读者查阅本书最

后所列的参考文献用，所以，在翻译中我们没有把这些人名译成中文。书中部分照片图不清从略。

译稿还请陈伦寿、陆景陵、左东峰、毛达如等同志作了业务审校。审校过程中，他们对译稿提出了宝贵意见，特此致谢。

译 者

1982年8月

前 言

农业实践证明，科学和技术的进步，施肥、农业和畜牧业的集约化，为不断提高土地的生产力创造了良好的条件。

В.И.列宁早在1915年就提出：“农业的集约化……并不是偶然的、地方的、意外的现象，而是各文明国家的普遍现象。”①

我国最卓越的学者和农业化学的创始人К.А.季米里亚捷夫和Д.Н.普良尼什尼科夫经常强调农业的进步与肥料的扩大生产及施用之间有不可分割的联系。

根据苏联共产党第二十四次和第二十五次代表大会的决议，在农业发展的现阶段，主要任务之一是提高我国土地的肥力，以保证农作物增产。目前除了改进农业技术，提高农业经营管理的一般水平之外，施用数量日益增多的高效肥料，是提高作物产量的基本条件。

施用氮肥，具有特别重要的意义。其原因在于：氮是植物的主要矿质营养元素之一，而大多数土壤中氮的含量又不足以满足作物丰产的需要。氮肥与磷钾肥配合施用，并在酸性土中还要配合施用石灰，所有这些措施都能迅速提高农作物产量，显著改进农产品的品质。

这本书是作者于1954—1974年在全苏肥料和农业土壤研究所所作的研究工作的成果。作者编写此书的目的是扩大和深入

①列宁全集，中文版，第22卷，第36页，人民出版社，1963年。

理解氮肥的农业化学特性，以便在农业生产中最有效地施用氮肥。在本书中列举了广泛采用新方法(质谱仪、红外光谱仪等)所取得的试验结果。书中除了有氮肥的农业化学研究资料之外，还有主要氮肥品种(首先是最有前途的氮肥品种)的农业化学评价资料。

本书作者除了总结自己的试验资料之外，还综合论述了国内外在氮肥品种方面所作的多年试验，全苏肥料和农业土壤研究所肥料试验网的试验资料，国内外研究氮肥品种的先进经验以及国内先进农场有效施用氮肥及新型氮肥品种的经验。在最后一章，作者列举了一些资料来说明提高氮肥肥效的途径。

内 容 简 介

本书论述了氮肥的农业化学特性，介绍了苏联国内外评价氮肥品种的长期试验结果，揭示了肥料—土壤—植物体系中氮素转化的新规律，提出了提高氮肥肥效的途径。

本书可供高等农业院校师生，土壤肥料科研工作者以及化肥工业生产和农业生产技术人员参考。

目 录

前 言

第一章	长期试验中氮肥品种的肥效	1
第一节	我国氮肥品种长期试验	1
第二节	外国氮肥品种长期试验	18
第三节	在多因素长年试验中用数学方法对氮肥用量和氮肥 品种所作的研究	29
第二章	液体氮肥和固体氮肥的特性及其农业化学的 比较评价	47
第一节	氮和土壤的相互作用	50
第二节	土壤中氮的浓度对植物发育的影响	77
第三节	液体氮肥和固体氮肥对农作物产量的作用	81
第三章	尿素的农业化学评价	112
第一节	尿素在土壤中的转化	113
第二节	尿素成分中缩二脲对农作物发育的影响	127
第三节	尿素对农作物产量的作用	135
第四节	尿素的经济效益	157
第四章	硝酸铵钙的农业化学评价	160
第五章	长效氮肥的农业化学评价	163
第一节	尿素甲醛肥料	166
第二节	草酰胺, 磷酸镁铵, 包膜尿素, 脲和尿素的	

缩合产物	188
第六章 含氮的综合肥料的肥效	202
第一节 复合肥料的生产工艺方法	202
第二节 复合肥料的农学评价	212
一、盆栽试验	214
二、田间试验	218
第七章 利用 ¹⁵ N在土壤—植物—大气体系中对氮肥 品种转化所作的研究	232
第一节 植物对肥料氮素的利用率和土壤中氮素转化 的特点	233
第二节 土壤对肥料氮素的固定	271
第三节 氮的气态损失	278
第四节 氮肥品种的氮素进入植物体内的特点	295
第八章 提高氮肥肥效的途径	308

第一章 长期试验中氮肥品种的肥效

在开始组织多年长期试验之前，苏联已经作了一系列的研究氮肥品种的一年试验，目前仍然继续在作这类试验。

在俄国，研究氮肥品种的第一批试验是1908年布置的。在这些试验中，条施硝酸钠的肥效比条施硫酸铵高。1912—1913年，按45公斤/公顷左右的用量对硝酸钠、硫酸铵和氰氨化钙进行了试验。在秋季撒施的情况下，施硝酸钠的糖用甜菜增产量比施硫酸铵和氰氨化钙时高出20—30%（有时高出0.5倍）。在厚层黑钙土上，甜菜增产量的差异，比在壤质森林土上要大（Ицербя, 1953）。1928年在米隆诺夫斯克试验站所作的室内试验以及1912年所作的试验证明，硫酸铵使pH值降低了0.5—0.7。

在不同的土壤气候带所作的氮肥品种群体试验是由肥料科学研究所（现在的肥料和杀虫灭菌剂科学研究所）肥料试验网开始布置的。第一批所作的一年群体试验证明，施用所有的氮肥品种都能保证在不同的土壤气候条件下有十分明显的肥效。但是，只有在长期试验中才能对氮肥品种作出比较全面的评价。

第一节 我国氮肥品种长期试验

在我国，第一批氮肥品种多年试验是Л.Н.普良尼什尼科夫院士在肥料和杀虫灭菌剂科学研究所试验场布置的。许多

试验是肥料和杀虫灭菌剂科学研究所长池农业化学试验站在重壤质生草灰化土上作的 (Илѣрба, 1953)。

其中的一个试验是1931年在下列轮作中布置的：饲用甜菜—燕麦套种牧草—牧草—马铃薯。氮肥是按45公斤N/公顷的用量在耙地时施用的，磷和钾是按60公斤/公顷的用量在春耕时施用的。1936年在试验的六个重复（12个重复之中的）中按1份水解性酸度施用了石灰。1945年，在施了石灰的生理酸性氮肥品种小区中，又补施了石灰，石灰用量应正好能中和由于施用酸性肥料而产生的酸度。其结果见表1、表2。

所有的生理酸性氮肥，在肥效上都与其对土壤的中和作用或酸化作用的大小是相一致的。由于多年施用生理酸性肥料，土壤酸度明显增大。

生理酸性氮肥，对甜菜产量产生了不良的影响。施用铵态氮肥的三叶草几乎全部死亡，只有猫尾草保存下来了，结果杂草（主要是小酸模）丛生，而氰氨化钙和硝酸钠则使三叶草增产了。施用硫酸铵和氯化铵的马铃薯产量最低。施用氯化铵的马铃薯淀粉含量降低1%左右。只有燕麦几乎在所有的年份

表1 名种氮肥品种试验中的平均产量和增产量（16年平均）

作物	产量，公担/公顷		增产量，公担/公顷（PK肥底）					
	不施肥	PK肥底	石灰氮	硝酸钠	尿素	硝酸铵	氯化铵	硫酸铵
饲用甜菜	42	120	52	107	8	-7	-20	-16
燕麦	16.5	19.8	3.6	6.5	3.6	4.9	5.1	5.0
三叶草(干草)	20.8	17.5	9.0	7.3	4.9	4.9	2.3	3.7
马铃薯	128	161	31	39	32	26	14	21
粮食单位总量，公担/公顷	64	82	21.5	31.9	15.5	14.2	9.2	11.7
粮食单位总量（%）	—	100	26	39	19	18	11	14

表2 在不施石灰和施石灰的肥底上各种氮肥品种试验的
平均产量和增产量 (1936—1946年, 11年平均)

作物	产量, 公担/公顷		增产量, 公担/公顷 (PK肥底)					
	不施肥	PK肥底	石灰氮	硝酸钙	尿素	硝酸铵	氯化铵	硫酸铵
饲用甜菜								
不施石灰	23	104	49	119	0	-7	-29	-21
施石灰	111	168	16	92	20	20	29	38
燕麦 (籽粒)								
不施石灰	16.5	18.5	4.4	7.5	4.3	5.6	5.7	5.6
施石灰	15.3	19.1	5.4	7.6	4.9	5.8	5.9	5.4
三叶草								
不施石灰	18.6	15.0	9.9	9.1	4.7	5.2	3.1	3.6
施石灰	29.5	36.1	1.8	2.9	0.1	1.0	-1.0	2.0
马铃薯								
不施石灰	116	160	35	42	35	30	12	21
施石灰	112	175	17	25	16	14	15	14
粮食单位总量 (公担/公顷)								
不施石灰	53.3	72.5	21.8	32.7	14.5	13.8	6.2	9.4
施石灰	64.9	92.7	11.1	23.0	10.1	10.7	11.2	12.7
粮食单位总量 (%)								
不施石灰	—	100	30	45	20	19	9	13
施石灰	—	100	12	25	11	12	12	14

对肥料的酸性都没有什么不同的反应。

在这个试验中, 石灰对不同的作物有不同的影响。突出的是对照小区和肥底小区甜菜和三叶草的产量显著增加, 因为它们对土壤酸性非常敏感。施用石灰之后, 生理酸性肥料对甜菜就产生了良好的影响。

施用石灰后, 氰化钙的肥效下降了, 低于生理酸性肥料——硫酸铵和氯化铵。只有硝酸钠在施用石灰的肥底上仍然保

持其对甜菜的优越性。在施了石灰的肥底上，三叶草的产量增加了，但是所有氮肥的相对效果都降低了。在施了石灰的肥底上，马铃薯几乎对所有氮肥的反应都是相同的，但硝酸钠则例外，因为它对马铃薯是一个好的氮肥品种。燕麦对施用石灰没有反应。总之，按水解性酸度施用的石灰，把生理酸性的铵态氮肥的肥效与适量施用的碱性肥料和中性肥料的肥效拉平了。

在1934年布置的另一个试验中，研究了不同用量的硝酸态氮和铵态氮在施用厩肥和不施厩肥的肥底上所产生的影响。这个试验也是在轮作中进行的：早熟马铃薯—黑麦套种三叶草—三叶草—亚麻—饲用甜菜—燕麦。试验是在PK肥底上进行的（种黑麦和甜菜时施汤马斯磷肥，种其他作物时施过磷酸钙，种甜菜时施钾石盐和钾盐镁矾，种其他作物时施氯化钾）。两个轮作周期中，这个试验的产量数据列于表3中（N用量——60和150公斤/公顷）。

表 3 在不施厩肥和施用厩肥的肥底上硝酸钠和硫酸铵的肥效对比
（两个轮作周期平均）

作物	不施厩肥肥底						施用厩肥肥底					
	产量公担/公顷 (PK肥底)	增产量(PK肥底)				产量公担/公顷 (PK肥底)	增产量(PK肥底)					
		硝酸钠		硫酸铵			硝酸钠		硫酸铵			
		N60	N150	N60	N150		N60	N150	N60	N150		
马铃薯	106	22	32	16	27	126	24	24	18	18		
黑麦(籽粒)	19.0	0.6	1.4	0.6	1.5	21.0	0.2	2.2	-0.1	1.7		
三叶草	26.6	2.8	7.7	0.1	-3.8	36.2	6.2	2.4	-2.0	-6.4		
亚麻(种子)	5.0	0	1.0	0.3	0.9	5.8	0	1.1	-0.1	0.4		
饲用甜菜	200	60	120	19	31	240	87	136	38	40		
燕麦(籽粒)	17.3	1.1	2.9	0.8	3.4	21.3	1.6	3.3	1.4	4.1		
粮食单位总量(%)	100	14.0	27.4	7.4	13.5	123.0	18.7	27.0	9.9	11.8		

不论是在施用厩肥还是不施厩肥的肥底上，不管施肥量如何，施硫酸铵的作物产量只有施硝酸钠的一半。在两个肥底上硫酸铵对三叶草和甜菜都产生了不良的影响。

肥料和杀虫灭菌剂科学研究所长池农业化学试验站从1941年起开始研究对生理酸性氮肥品种加以中和的这项措施对肥效的作用。对无机肥料加以中和的措施，对硫酸铵的肥效有良好作用。

肥料和杀虫灭菌剂科学研究所留别列茨克试验场，在轻质灰化砂壤土上也作过这类多年试验（Илєрба，1953）。下面分析一下这些试验的结果。

“氮肥品种”试验是1931年在下列轮作中布置的：中耕作物（甘蓝或根菜类作物）—燕麦—马铃薯。每年施用氮肥，用量为45公斤N/公顷，还每年施用过磷酸钙和氯化钾，用量为60公斤 P_2O_5 和 K_2O /公顷。所有的肥料都是在春耕时施用的。试验六年中，在12个重复的6个重复中按1/2份水解性酸度给土壤施用了石灰。从第三个轮作周期开始施用厩肥，以后调剂施用，每隔三年施用一次，每次20吨/公顷。从这个时候起用尿素代替了碳酸氢铵。在第五个轮作周期开始时，在施过石灰的氯化铵小区和硫酸铵小区中，施了石灰，以消除土壤的酸化作用，而在第六个轮作周期开始时，又按1/2份水解性酸度补施了石灰。

前五个轮作周期的产量资料见表4。生理酸性氮肥在砂壤土上所表现出来的不良影响比较明显。在这些处理中，所有的作物，其中也包括燕麦，产量都比较低。相反，在砂壤土上，由于施用碱性肥料而得到的增产量却高得多。正象长池农业化学试验站的试验那样，土壤酸度的提高与产量成负相关。

表5说明石灰的作用。在中耕作物上，石灰并没有消除生

表 4 轻质土壤上不同氮肥品种试验中作物的平均产量和增产量
(15年平均)

作物	产 量		增产量 (PK肥底)						
	不 施肥	PK 肥底	石灰 氮	硝酸 钠	亚硝酸 钙	尿 素	硝酸 铵	氯化 铵	硫酸 铵
中耕作物 (公担/公顷)	82	147	122	113	91	48	7	-51	-45
燕麦(籽粒) (公担/公 顷)	4.3	6.0	5.1	6.2	5.7	4.9	5.6	3.6	4.2
马铃薯 (公担/公 顷)	79	102	62	59	50	38	29	-21	-10
粮食单位总量 (公担/公顷)	33.5	48.6	34.8	34.4	29.5	21.4	15.6	-5.8	-1.6
中耕作物 (%)	—	100	83	77	62	33	5	-35	-31
燕 麦 (%)	—	100	87	101	96	82	93	56	66
马铃薯 (%)	—	100	61	58	49	37	28	-21	-10
粮食单位总量 (%)	—	100	72	71	61	44	32	-12	-8

理酸性肥料的不良影响。在马铃薯上，石灰消除了酸性肥料的不良影响，但是，产量并没有增加。和长池农业化学试验站在重壤质土壤上所作的试验一样，石灰对燕麦没有影响。由此可见，在留别列茨克试验场的轻质土壤上，不同于粘质土壤，施用石灰而不同时施镁，不会增加长期施用的生理酸性氮肥的肥效。

在施用厩肥和不施厩肥的肥底上氮肥品种试验，是1934年在1932年由灌木林和小树林下开垦出来的下等土地上布置的。轮作如下：根菜类作物—早熟马铃薯—黑麦—晚熟马铃薯。每一轮作周期中厩肥的施用量为60吨/公顷。在不施厩肥和施用厩肥的肥底上，农作物产量数据见表6。

由表6可以看出，在施用厩肥的肥底上，生理酸性肥料只对甜菜—对土壤酸性敏感的作物有不良影响。对马铃薯而言，只是增产量有所降低。在不施厩肥的肥底上，这些肥料对两种作物都产生了不良的影响。

表 5 在不施石灰和施用石灰的肥底上不同氮肥品种试验中的平均
产量和增产量（九年平均）

作 物	产量，公担/公顷		增产量，公担/公顷（PK肥底）						
	不施肥	PK肥底	石灰氮	硝酸钠	亚硝酸钙	尿 素	硝酸铵	氯化铵	硫酸铵
中耕作物 （1937—1945年）									
不施石灰	108	146	88	124	99	16	-34	-75	-61
施用石灰	129	254	65	113	71	37	-4	-50	-57
燕麦，籽粒 （1938—1946年）									
不施石灰	5.9	7.4	6.5	7.8	7.4	5.8	7.1	4.5	5.3
施用石灰	6.2	8.1	7.1	7.2	7.5	5.9	5.9	5.4	6.3
马 铃 薯 （1939—1947年）									
不施石灰	94	114	75	73	78	48	46	-21	-9
施用石灰	104	128	61	70	49	54	45	3	8
粮食单位总量公担/公顷									
不施石灰	38.9	49.3	33.2	37.1	35.6	18.4	13.8	-7.9	-3.9
施用石灰	44.0	64.1	27.6	34.8	25.6	22.1	15.8	0.3	1.6
粮食单位总量（%）									
不施石灰	—	100	68	76	72	37	28	-16	-8
施用石灰	—	100	43	54	40	35	25	0	2

在施用厩肥和不施厩肥的肥底上硝酸态氮和氨态氮的不同用量的对比试验，是1934年在下列轮作中布置的：马铃薯—冬油菜—黑麦—黍子。在这个试验中，从第二个轮作周期开始，在冬油菜地上，停止施用硫酸铵，改施硝酸钠。在马铃薯和冬油菜地上，所有的肥料都是在春耕时施用的。在黑麦地上，PK是在休闲地耕翻时施入的。而氮肥则用作春季追肥（N量——90和180公斤/公担）。这个试验的产量资料见表7。

表7表明，在不施厩肥的肥底上，硫酸铵的总肥效，只相