

FERTILIZATION SYSTEMS AND
LAND USE SUSTAINABILITY



施肥制度与 土壤可持续利用

赵秉强 等著



科学出版社

施肥制度与土壤可持续利用

Fertilization Systems and Land Use Sustainability

赵秉强等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统总结了“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”15年的监测研究成果,内容包括20章,即施肥制度与土壤可持续利用研究方法、施肥制度与作物产量和肥料效益演变、施肥制度与作物养分吸收利用、施肥制度与土壤供肥能力、施肥制度与土壤有机质演变、施肥制度与土壤氮素肥力演变、施肥制度与土壤磷素肥力演变、施肥制度与土壤钾素肥力演变、施肥制度与土壤中微量元素含量变化、施肥制度与土壤pH变化、施肥制度与土壤腐殖质形态、施肥制度与土壤磷素形态转化、施肥制度与土壤微生物数量、施肥制度与土壤酶活性、施肥制度与土壤微生物量及多样性、施肥制度与土壤团聚体微生物学特性、有机无机肥料配施与土壤微生物群落多样性、施肥制度养分非均衡化与土壤功能衰退修复、施肥制度与土壤硝态氮积累和分布、施肥制度与作物品质,从作物产量、品质、肥料吸收利用、养分循环、土壤理化性质、土壤生物肥力、土壤功能衰退修复、硝酸盐积累分布等方面入手,深入探讨施肥制度与土壤可持续利用的关系,为建立科学施肥制度,实现土壤可持续利用提供理论依据。

本书可供土壤、肥料、植物营养与施肥、作物、生态、环境等科学领域的管理人员、科技工作者、农业技术推广人员及相关专业的高等院校师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

施肥制度与土壤可持续利用/赵秉强等著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-035764-9

I. ①施… II. ①赵… III. ①土壤肥力-研究-中国②耕地资源-资源利用-研究-中国 IV. ①S158②F323.211

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第244472号

责任编辑:夏 梁 贺密青/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年11月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年11月第一次印刷 印张:32

字数:720 000

定价:135.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

国外长期肥料试验已经有 160 多年的历史。起初布置长期肥料试验的目的主要是解决当时植物营养学说之间的纷争和验证肥料的增产效果。100 多年过去了，这些长期肥料试验所回答的科学和生产实践问题已远远超过了当时布置试验时的最初想法。实际上这些超过百年的经典长期肥料试验已经成为发现和研究重大科学问题不可多得的十分宝贵的科技条件平台。世界上最著名的长期肥料试验要数英国洛桑实验站（Rothamsted Experimental Station, now known as Rothamsted Research）1843 年由 Lawes 和 Gilbert 布置的 Broadbalk 长期肥料试验，在过去的 100 多年里，英国洛桑实验站的科学家以 Broadbalk 等长期肥料试验为平台，在施肥与土壤可持续生产力、施肥与土壤质量演变、农田养分循环、施肥与环境、轮作、杂草种群演变与防除、作物秸秆还田、大气污染（甚至核爆污染）与耕地质量关系等领域取得了举世无双的研究成果，发现和回答了一大批重大科学问题，为植物营养理论的建立、化肥工业的兴起、西方现代农业生产方式的建立和发展奠定了实践基础。英国洛桑实验站的长期肥料试验被誉为是全世界的瑰宝，美国把 Morrow 长期定位试验视为国家发展的里程碑！

我国从 20 世纪 50 年代开始，曾几度布置长期肥料试验，但由于种种原因都没能坚持下来。直到 70 年代末期，中国农业科学院主持的全国化肥网在各省开始布置了一批长期肥料试验；80 年代后期，由原国家计委立项，在全国主要农区的 9 个主要类型土壤上建立了“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”；同期前后，中国科学院也在全国不同生态区布置了“土壤养分循环和平衡的长期定位试验”。另外，有关高等院校和地方科研院所，根据需要，也布置了一些长期肥料定位试验。到目前为止，全国大大小小的长期肥料试验估计有上百个。这些长期肥料试验是我国开展施肥制度土壤质量演化、土壤可持续生产力、农田养分循环与调控、施肥与环境等研究的十分宝贵的科技条件平台。

施肥是影响土壤质量演化及其可持续利用最为深刻的农业措施之一。本书以“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”的长期肥料试验为主要平台，系统总结了试验 15 年的监测成果。本书分 20 章，从作物产量、品质、肥料吸收利用、养分循环、土壤理化性质、土壤生物肥力、土壤功能衰退修复、硝酸盐积累分布等方面入手，深入探讨施肥制度与土壤可持续生产力的关系，为建立科学施肥制度，实现土壤可持续利用提供理论依据。

本书的研究成果得到了科技部基础研究重大项目（“973”）前期研究专项（2001CCB00800）、国家自然科学基金（30471012）、科技部科研院所社会公益研究专项资金（2011DIA10004）、中国农业科学院杰出人才基金、中英农业科技合作项目等一大批科研项目的资助，特此致谢！感谢原国家计委立项建立了“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”，并对“基地网”的建设者、工作者和研究者们为本书所做出的贡献

谨致衷心感谢！也特别感谢英国洛桑实验站的 David Powlson 教授和 Paul Poulton 教授，我们在中国农业部和英国食品-环境-农村事务部资助的国际合作项目下，花数年时间，对大量的监测数据进行了系统梳理和整理，合作完成了“*Long-Term Fertilizer Experiment Network in China: Crop Yields and Soil Nutrient Trends*”一文，并于2010年在《美国农学杂志》上发表，研究成果为本书做出了重要贡献，在此对他们辛勤的工作和努力表示衷心感谢！

限于作者水平，书中难免有不足和疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

赵秉强

2012年5月

目 录

前言

第 1 章 施肥制度与土壤可持续利用研究方法	1
内容提要.....	1
1.1 “国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”概况	2
1.2 试验设计	6
1.3 取样、样品处理和分析.....	11
1.4 讨论.....	11
参考文献	13
第 2 章 施肥制度与作物产量和肥料效益演变	15
内容提要	15
2.1 研究方法.....	16
2.1.1 试验设计	16
2.1.2 常用术语的定义和计算方法	16
2.2 不同施肥制度作物产量和肥料效益演变规律.....	17
2.2.1 吉林黑土不同施肥制度春玉米产量和肥料效益演变	17
2.2.2 新疆灰漠土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	20
2.2.3 北京褐潮土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	23
2.2.4 陕西黄土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	30
2.2.5 河南潮土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	35
2.2.6 湖南红壤不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	41
2.2.7 重庆紫色土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	47
2.2.8 浙江水稻土不同施肥制度作物产量和肥料效益演变	52
2.3 讨论.....	58
2.3.1 施肥制度与小麦生产可持续性	60
2.3.2 施肥制度与玉米生产可持续性	63
2.3.3 施肥制度与水稻生产可持续性	66
参考文献	69
第 3 章 施肥制度与作物养分吸收利用	70
内容提要	70
3.1 研究方法.....	72
3.1.1 试验设计	72
3.1.2 样品采集与测定方法	72
3.1.3 常用术语的定义和计算方法	72
3.2 北京褐潮土不同施肥制度作物养分吸收利用与土壤养分平衡.....	74

3.2.1	作物氮素吸收与利用	74
3.2.2	作物磷素吸收与利用	90
3.2.3	作物钾素的吸收与利用	104
3.2.4	北京褐潮土不同施肥制度土壤养分表观平衡	118
3.2.5	小结	121
3.3	重庆紫色土不同施肥制度作物养分吸收利用与土壤养分平衡	123
3.3.1	作物氮素吸收与利用	123
3.3.2	作物磷素吸收与利用	130
3.3.3	作物钾素的吸收与利用	136
3.3.4	重庆紫色土不同施肥制度土壤养分表观平衡	142
3.3.5	小结	145
	参考文献	145
第4章	施肥制度与土壤供肥能力	147
	内容提要	147
4.1	研究方法	148
4.1.1	试验设计	148
4.1.2	常用术语的定义和计算方法	149
4.2	施肥制度与土壤养分供应能力	149
4.2.1	不同类型土壤养分基础供应能力	149
4.2.2	土壤养分供应能力演变	151
4.2.3	土壤养分供应量演变	164
4.3	讨论	169
	参考文献	172
第5章	施肥制度与土壤有机质演变	173
	内容提要	173
5.1	研究方法	174
5.1.1	试验设计	174
5.1.2	样品采集与测定方法	175
5.2	不同施肥制度土壤有机质演变规律	175
5.2.1	吉林黑土不同施肥制度土壤有机质含量演变	175
5.2.2	新疆灰漠土不同施肥制度土壤有机质含量演变	176
5.2.3	北京褐潮土不同施肥制度土壤有机质含量演变	178
5.2.4	陕西黄土不同施肥制度土壤有机质含量演变	179
5.2.5	河南潮土不同施肥制度土壤有机质含量演变	180
5.2.6	湖南红壤不同施肥制度土壤有机质含量演变	182
5.2.7	重庆紫色土不同施肥制度土壤有机质含量演变	183
5.2.8	浙江水稻土不同施肥制度土壤有机质含量演变	184
5.3	讨论	185
	参考文献	186

第 6 章 施肥制度与土壤氮素肥力演变	188
内容提要	188
6.1 研究方法	189
6.1.1 试验设计	189
6.1.2 样品采集与测定方法	189
6.2 不同施肥制度土壤氮素肥力演变	189
6.2.1 吉林黑土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	191
6.2.2 新疆灰漠土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	193
6.2.3 北京褐潮土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	195
6.2.4 陕西黄土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	196
6.2.5 河南潮土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	197
6.2.6 湖南红壤不同施肥制度土壤氮素肥力演变	199
6.2.7 重庆紫色土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	201
6.2.8 浙江水稻土不同施肥制度土壤氮素肥力演变	202
6.3 讨论	203
参考文献	204
第 7 章 施肥制度与土壤磷素肥力演变	206
内容提要	206
7.1 研究方法	207
7.1.1 试验设计	207
7.1.2 样品采集与测定方法	207
7.2 不同施肥制度土壤磷素肥力演变	207
7.2.1 吉林黑土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	209
7.2.2 新疆灰漠土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	211
7.2.3 北京褐潮土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	213
7.2.4 陕西黄土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	215
7.2.5 河南潮土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	216
7.2.6 湖南红壤不同施肥制度土壤磷素肥力演变	218
7.2.7 重庆紫色土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	220
7.2.8 浙江水稻土不同施肥制度土壤磷素肥力演变	222
7.3 讨论	223
参考文献	223
第 8 章 施肥制度与土壤钾素肥力演变	225
内容提要	225
8.1 研究方法	226
8.1.1 试验设计	226
8.1.2 样品采集与测定方法	226
8.2 不同施肥制度土壤钾素肥力演变	226

8.2.1	吉林黑土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	228
8.2.2	新疆灰漠土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	229
8.2.3	北京褐潮土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	230
8.2.4	陕西黄土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	231
8.2.5	河南潮土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	232
8.2.6	湖南红壤不同施肥制度土壤有效钾含量变化	234
8.2.7	重庆紫色土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	235
8.2.8	浙江水稻土不同施肥制度土壤有效钾含量变化	237
8.3	讨论	237
	参考文献	238
第9章	施肥制度与土壤中微量元素含量变化	239
	内容提要	239
9.1	研究方法	240
9.1.1	试验设计	240
9.1.2	土壤样品采集与测定方法	240
9.2	不同施肥制度对土壤有效性中量元素含量的影响	241
9.2.1	不同施肥制度对土壤有效钙含量的影响	241
9.2.2	不同施肥制度对土壤有效镁含量的影响	242
9.2.3	不同施肥制度对土壤有效硫含量的影响	242
9.3	不同施肥制度对土壤有效性微量元素含量的影响	242
9.3.1	不同施肥制度对土壤有效铜含量的影响	242
9.3.2	不同施肥制度对土壤有效锌含量的影响	243
9.3.3	不同施肥制度对土壤有效铁含量的影响	244
9.3.4	不同施肥制度对土壤有效锰含量的影响	245
9.4	讨论	246
	参考文献	247
第10章	施肥制度与土壤 pH 变化	248
	内容提要	248
10.1	研究方法	248
10.1.1	试验设计	248
10.1.2	土壤样品采集与 pH 测试方法	249
10.2	不同施肥制度土壤 pH 演变	249
10.2.1	不同施肥制度吉林黑土 pH 演变	249
10.2.2	不同施肥制度新疆灰漠土 pH 演变	249
10.2.3	不同施肥制度北京褐潮土 pH 演变	250
10.2.4	不同施肥制度陕西黄土 pH 演变	250
10.2.5	不同施肥制度河南潮土 pH 演变	251
10.2.6	不同施肥制度湖南红壤 pH 演变	252

10.2.7 不同施肥制度重庆紫色土 pH 演变	253
10.2.8 不同施肥制度浙江水稻土 pH 演变	253
10.3 讨论	254
参考文献	255
第 11 章 施肥制度与土壤腐殖质形态	256
内容提要	256
11.1 研究方法	257
11.1.1 试验设计	257
11.1.2 样品采集与测定方法	257
11.2 施肥制度对土壤腐殖质及其组分的影响	257
11.2.1 土壤有机质含量	257
11.2.2 土壤腐殖质含量及其组分	258
11.3 施肥制度对土壤结合态腐殖质含量及其组分的影响	260
11.4 讨论	262
参考文献	263
第 12 章 施肥制度与土壤磷素形态转化	264
内容提要	264
12.1 研究方法	266
12.1.1 试验设计	266
12.1.2 土壤样品采集	266
12.1.3 测定方法	266
12.2 不同施肥制度对土壤磷素组成的影响	266
12.2.1 北京褐潮土	266
12.2.2 重庆紫色土	267
12.2.3 湖南红壤	268
12.2.4 新疆灰漠土	269
12.3 施肥制度对土壤各形态无机磷含量、转化及有效性的影响	270
12.3.1 施肥制度对各形态无机磷含量的影响	270
12.3.2 施肥制度对土壤不同形态无机磷有效性和转化的影响	277
12.4 北京褐潮土施肥对土壤有机磷形态、转化及有效性的影响	280
12.4.1 不同施肥制度对土壤有机磷形态的影响	280
12.4.2 不同施肥制度对土壤各形态有机磷有效性及形态转化的影响	283
12.5 结语	285
12.5.1 不同施肥制度对土壤无机磷形态、转化及有效性的影响	285
12.5.2 不同施肥制度对土壤有机磷形态、转化及其有效性的影响	286
参考文献	286
第 13 章 施肥制度与土壤微生物数量	287
内容提要	287

13.1	研究方法	288
13.1.1	试验处理与样品采集	288
13.1.2	测定方法	289
13.2	不同施肥制度对土壤微生物的影响	289
13.2.1	对土壤细菌、真菌和放线菌种群数量的影响	289
13.2.2	对不同生理功能土壤微生物的影响	292
13.3	土壤微生物数量与土壤养分含量、作物产量的相关性	295
13.4	讨论	297
13.4.1	不同施肥制度对土壤细菌、真菌及放线菌数量的影响	297
13.4.2	土壤养分含量与土壤微生物数量的相关性	298
13.5	结论	298
	参考文献	299
第14章	施肥制度与土壤酶活性	300
	内容提要	300
14.1	研究方法	301
14.1.1	试验处理与样品采集	301
14.1.2	测定方法	301
14.2	不同施肥制度对土壤酶活性的影响	302
14.2.1	土壤过氧化氢酶活性	302
14.2.2	土壤蔗糖酶活性	303
14.2.3	土壤脲酶活性	304
14.2.4	土壤磷酸酶活性	305
14.3	土壤酶活性与土壤肥力的关系	306
14.3.1	不同施肥制度对土壤肥力的影响	307
14.3.2	土壤酶活性与土壤肥力的关系	308
14.4	讨论	311
	参考文献	312
第15章	施肥制度与土壤微生物量及多样性	313
	内容提要	313
15.1	研究方法	314
15.1.1	试验设计	314
15.1.2	样品采集与预处理	314
15.1.3	测量方法	315
15.2	不同施肥制度对土壤微生物量的影响	316
15.2.1	土壤微生物量碳	316
15.2.2	土壤微生物量氮	317
15.2.3	土壤微生物量磷	317
15.2.4	微生物商、土壤微生物量 C/N 及土壤微生物量氮与全氮的比值	318

15.2.5 土壤基础呼吸与代谢商	320
15.3 不同施肥制度对土壤微生物多样性的影响	321
15.3.1 不同施肥制度微生物群落 DGGE 图谱分析	321
15.3.2 不同施肥制度微生物群落相似性分析	321
15.4 微生物量与土壤理化性质的相关性分析	323
15.4.1 土壤微生物量与土壤理化性质的相关分析	323
15.4.2 土壤基础呼吸和代谢商与土壤理化性质的相关分析	324
15.5 讨论	324
参考文献	326
第 16 章 施肥制度与土壤团聚体微生物学特性	328
内容提要	328
16.1 研究方法	329
16.1.1 试验设计	329
16.1.2 样品采集与预处理	330
16.1.3 土壤团聚体的分级	330
16.1.4 测定项目和方法	331
16.1.5 数据处理	331
16.2 不同施肥制度土壤团聚体(干筛法)养分和微生物学特征	331
16.2.1 不同施肥制度土壤团聚体(干筛法)的分布特征	331
16.2.2 不同施肥制度土壤团聚体(干筛法)的有机碳特性	332
16.2.3 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)全氮的影响	335
16.2.4 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)全磷的影响	337
16.2.5 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)微生物量碳的影响	340
16.2.6 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)微生物量氮的影响	343
16.2.7 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)脲酶活性的影响	347
16.2.8 不同施肥制度对土壤团聚体(干筛法)蔗糖酶活性的影响	348
16.3 不同施肥制度土壤水稳性团聚体的养分与微生物学特征	349
16.3.1 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体分布的影响	349
16.3.2 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体有机碳的影响	351
16.3.3 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体全氮的影响	353
16.3.4 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体全磷的影响	356
16.3.5 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体微生物量碳的影响	358
16.3.6 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体微生物量氮的影响	361
16.4 讨论	363
16.4.1 不同施肥制度下干筛法土壤团聚体的养分和微生物学特征	363
16.4.2 不同施肥制度对土壤水稳性团聚体养分和微生物学特征	365
参考文献	367
第 17 章 有机无机肥料配施与土壤微生物群落多样性	369
内容提要	369
17.1 研究方法	371

17.1.1	试验设计	371
17.1.2	土壤样品采集	371
17.1.3	测定项目与方法	371
17.1.4	数据处理	374
17.2	有机无机肥料配施对土壤微生物量及酶活性的影响	375
17.2.1	土壤基本理化性质	375
17.2.2	土壤微生物学特性	375
17.3	有机无机肥料配施对土壤微生物群落多样性的影响	381
17.3.1	长期有机无机肥料配施对土壤细菌群落结构多样性的影响	381
17.3.2	长期有机无机肥料配施对土壤微生物功能多样性的影响	382
17.4	讨论	386
	参考文献	387
第 18 章	施肥制度养分非均衡化与土壤功能衰退修复	391
	内容提要	391
18.1	研究方法	392
18.1.1	试验设计	392
18.1.2	测定项目与方法	393
18.2	不同施肥制度土壤肥力特征	394
18.2.1	长期不施肥 (CK) 土壤理化性质的变化	394
18.2.2	长期单施氮肥 (N) 土壤理化性质的变化	396
18.2.3	长期氮钾配合施肥 (NK) 土壤理化性质的变化	397
18.2.4	长期磷钾配合施肥 (PK) 土壤理化性质的变化	398
18.2.5	长期氮磷钾配合施肥 (NPK) 土壤理化性质的变化	399
18.3	不同施肥制度土壤功能修复对作物产量的影响	400
18.3.1	长期不施肥 (CK) 土壤功能修复对作物产量的影响	400
18.3.2	长期单施氮肥 (N) 土壤功能修复对作物产量的影响	402
18.3.3	长期氮钾配合施肥 (NK) 土壤功能修复对作物产量的影响	404
18.3.4	长期磷钾配合施肥 (PK) 土壤功能修复对作物产量的影响	405
18.3.5	长期氮磷钾配合施肥 (NPK) 土壤功能修复对作物产量的影响	407
18.4	不同施肥制度土壤功能修复对作物养分吸收利用的影响	408
18.4.1	不同施肥制度土壤功能修复对作物养分含量的影响	408
18.4.2	不同施肥制度土壤功能修复对作物养分吸收的影响	412
18.5	不同施肥制度土壤功能修复对土壤肥力的影响	417
18.5.1	不同施肥制度土壤功能修复对土壤有机质含量的影响	417
18.5.2	不同施肥制度土壤功能修复对土壤有效养分含量的影响	419
18.5.3	不同施肥制度土壤功能修复对土壤养分平衡的影响	426
18.6	讨论	429
	参考文献	430
第 19 章	施肥制度与土壤硝态氮积累和分布	431
	内容提要	431

19.1 研究方法	432
19.1.1 试验设计	432
19.1.2 土壤样品的采集及分析方法	433
19.2 不同施肥制度土壤硝态氮积累与分布	433
19.2.1 北京褐潮土	433
19.2.2 河南潮土	436
19.2.3 陕西黄土	438
19.2.4 湖南红壤	441
19.2.5 吉林黑土	444
19.2.6 新疆灰漠土	446
19.3 讨论	448
参考文献	449
第20章 施肥制度与作物品质	451
内容提要	451
20.1 研究方法	454
20.1.1 试验设计	454
20.1.2 测定项目与方法	454
20.2 不同施肥制度对小麦品质的影响	455
20.2.1 不同施肥制度对小麦籽粒形态品质的影响	455
20.2.2 不同施肥制度对小麦籽粒营养品质的影响	457
20.2.3 不同施肥制度对小麦籽粒磨粉加工品质的影响	462
20.3 不同施肥制度对玉米品质的影响	475
20.3.1 不同施肥制度对玉米籽粒形态品质的影响	475
20.3.2 不同施肥制度对玉米营养品质的影响	477
20.3.3 不同施肥制度对玉米加工品质的影响	482
20.4 不同施肥制度对稻米品质的影响	485
20.4.1 不同施肥制度对稻米营养品质的影响	485
20.4.2 不同施肥制度对水稻碾米品质的影响	487
20.4.3 不同施肥制度对稻米外观品质的影响	488
20.4.4 不同施肥制度对稻米蒸煮品质的影响	489
20.4.5 不同施肥制度对稻米加工品质的影响	490
20.5 讨论	492
参考文献	492

第1章 施肥制度与土壤可持续利用研究方法

内容提要：本章介绍了《施肥制度与土壤可持续利用》一书研究所依托的条件平台“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”。基地网是覆盖了我国主要类型土壤、耕作制度和气候带，具有网络监测性质的大型科技条件平台，它包括黑土、灰漠土、黄土、褐潮土、潮土、紫色土、红壤、水稻土和赤红壤9个土壤肥力与肥料效益长期监测基地。基地网统一布置了氮磷钾化肥、有机肥以及有机肥与无机肥配合施用的大田长期肥料定位试验和田间微区试验；拥有监测实验室、大型渗漏计、气象观测哨等监测设施和条件；建有大型土壤和植物标本长期储存库及网络共享数据库。“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”是我国开展施肥制度土壤质量演化、土壤可持续生产力、农田养分循环与调控、施肥与环境等研究重要的科技条件平台。

关键词：国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网；施肥制度；长期肥料试验

施肥是影响土壤质量演化及其可持续利用最为深刻的农业措施之一。长期肥料试验定向培育了土壤质量和功能特点显著不同的农田生态系统，是发现和开展重大科学问题研究的十分重要的平台（Rthamsted Experimental Station, Report for 1968, Part 2; Leigh and Johnston, 1994; Miao et al., 2011; Rasmussen et al., 1998; Meng et al., 2005; Poulton, 1995; Manna et al., 2007），受到世界各国尤其西方发达国家的普遍重视（沈善敏, 1984; 1995; 林葆等, 1994; Rasmussen et al., 1998; Rothamsted Research, 2006; Christensen, 1997; Girma et al., 2007; Edmeades, 2003）。世界上许多国家都拥有历史长达百年以上的长期肥料定位试验，英国洛桑实验站长达160多年的长期肥料试验，在研究不同施肥制度土壤肥力长期演化、肥料效应、农田养分循环以及施肥与环境关系等方面取得了举世瞩目的成就。这些长期定位试验的研究结果为植物营养理论的建立、化肥工业的兴起、西方现代农业生产方式的建立和发展奠定了实践基础（Rthamsted Experimental Station, Report for 1968, Part 2; Leigh and Johnston, 1994; Rasmussen et al., 1998; Goulding et al., 2000; Powelson et al., 1989）。英国洛桑实验站的长期肥料试验被誉为是全世界的瑰宝，美国把Morrow长期定位试验视为国家发展的里程碑！

从20世纪50年代开始，我国曾几度布置长期肥料试验（赵秉强和张夫道, 2002; 林葆和林继雄, 1996; Miao et al., 2011），但由于种种原因都没能坚持下来。直到70年代末期，中国农业科学院主持的全国化肥网在各省开始布置了一批长期肥料试验（林葆等, 1994; 林葆和林继雄, 1996）；80年代后期，由原国家计委立项，在全国主要农区的9个主要类型土壤上建立了“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”（Zhao et al., 2010; 赵秉强和张夫道, 2002）；80年代末期，中国科学院也在全国不同生态区布置了“土壤养分循环和平衡的长期定位试验”（赵秉强和张夫道, 2002; Meng et al.,

2001)。另外,有关高等院校和地方科研院所,根据需要,也布置了一些长期肥料定位试验(丁宁平和周广亚,1990;樊军等,2000;顾益初和钦绳武,1997;韩晓日等,1995;林增泉等,1991;赖庆旺等,1992;刘晓宏等,2000;钦绳武等,1998;王旭东和张一平,1998;周广业和阎龙翔,1993;Yang et al.,2006)。到目前为止,全国大大小小的长期肥料试验估计上百个(赵秉强和张夫道,2002)。这些长期肥料试验是我国开展施肥制度土壤质量演化、土壤可持续生产力、农田养分循环与调控、施肥与环境等研究的十分宝贵的科技条件平台。

“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”是我国目前保护最为完好,覆盖了我国主要类型土壤、耕作制度和气候带,具有网络监测性质的大型科技条件平台(Zhao et al.,2010;赵秉强和张夫道,2002)。本书的内容以“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”的长期肥料试验为平台,系统开展了施肥制度与土壤可持续利用研究。

1.1 “国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”概况

“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”(CNSFFEMN)(简称“基地网”),于1987年由原国家计委立项,农业部主管,中国农业科学院土壤肥料研究所主持,联合吉林省农业科学院土壤肥料研究所、新疆农业科学院土壤肥料研究所、陕西省农业科学院土壤肥料研究所、河南省农业科学院土壤肥料研究所、西南农业大学、中国农业科学院湖南红壤实验站、广东省农业科学院土壤肥料研究所、浙江省农业科学院土壤肥料研究所,在全国重点农区和主要类型土壤上建设的国家级大型土壤肥力与肥料效益长期定位监测基地网站。基地网1988~1990年经过2~3年的匀地,土壤条件基本符合长期定位试验条件,于1990年建成并正式开始土壤肥力与肥料效益长期监测研究。

基地网包括黑土(吉林公主岭)、灰漠土(新疆乌鲁木齐)、褐潮土(北京昌平)、黄土(陕西杨凌)、潮土(河南郑州)、红壤(湖南祁阳)、紫色土(重庆北碚)、水稻土(浙江杭州)和赤红壤(广东广州,该基地1996年因高速公路建设而停止监测)9个土壤肥力与肥料效益长期监测基地(图1-1)。这些监测基地横跨我国中温带、暖温带、中亚热带和南亚热带4个气候带,分布在东北、甘新、黄土高原、黄淮海、长江中下游、华南和西南7个农业区,覆盖了我国主要土壤类型和农作制度。各监测基地基本情况见表1-1。

每个监测基地拥有国有土地2~3.3hm²,设有小区处理面积120~468m²的大田肥料长期定位试验;建立了446个微区肥料长期定位辅助试验;在黑土、灰漠土、黄土、褐潮土、潮土、紫色土和水稻土基地建有6个大型渗滤池群(包括208个大型渗滤计);建有9个总面积为1867m²的大型网室盆栽场、2626m²的晒场和7148m²的实验室,5个气象观测哨;拥有价值1000多万元的各种监测和分析仪器设备;基地网在北京建有大型土壤和植物标本长期储存库和网络共享数据库。

吉林公主岭监测基地:“国家黑土肥力与肥料效益监测基地”位于吉林省公主岭市,东经124°48′34″、北纬43°30′23″,海拔220m。地势平坦,年平均气温4~5℃,

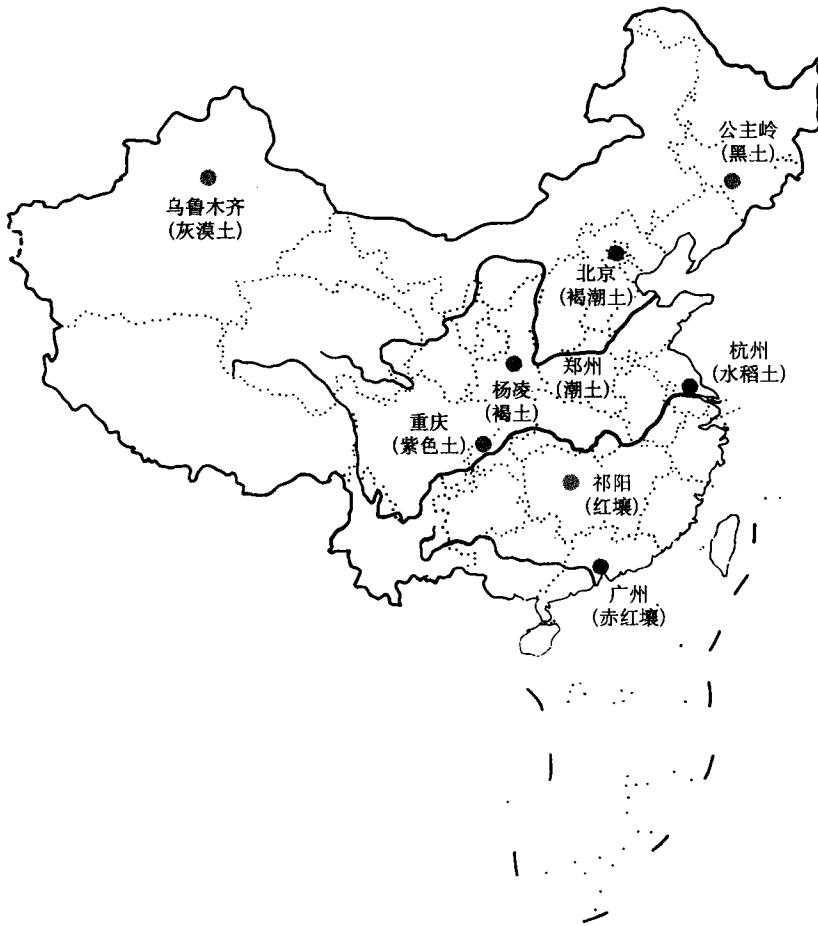


图 1-1 国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网站点分布图

Fig. 1-1 China National Soil Fertility and Fertilizer Efficiency Long-term Monitor Network (CNSFFEMN)

年最高温度 34°C ，最低温度 -35°C ，无霜期 $125\sim 140\text{d}$ ，有效积温 $2600\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，年降水量 $450\sim 600\text{mm}$ ，年蒸发量 $1200\sim 1600\text{mm}$ ，年日照时数 $2500\sim 2700\text{h}$ 。成土母质为第四纪黄土状沉积物，为典型黑土（中层黑土）土类、黑土亚类、肥黑土土种（简称吉林黑土），主要灾害性天气为春旱夏涝。黑土开垦较晚，自然肥力较高。但由于春风大，降水又高度集中于7月、8月，致使水蚀、风蚀较重，部分地区出现了“破皮黄”或“黄土包”。春季易旱，夏季易涝，一遇歉收，产量下降 $20\%\sim 30\%$ ，重灾区颗粒不收，中低产田面积有扩大趋势，急需培肥与综合治理。试验前经过3茬匀地，正式试验开始于1990年春季，作物种植制度为春玉米一年一熟连作，无灌溉，雨养农业。