

# 主要农作物施肥技术

杨扎根 主编



 中国农业出版社



# 主要农作物施肥技术

ZHUYAO NONGZUOWU SHIFEI JISHU

杨扎根 主编

张定一 杨 峰 副主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

主要农作物施肥技术 / 杨扎根主编. —北京: 中国农业出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-109-16615-8

I. ①主… II. ①杨… III. ①作物-施肥 IV.  
①S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 042703 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 杨天桥

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月北京第 1 次印刷

---

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 12.125

字数: 350 千字

定价: 35.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 《主要农作物施肥技术》编委会

顾 问 李天胜 赵启明 张必祥

主 编 杨扎根

副主编 张定一 杨 峰

编 委 (按姓氏笔画排列)

卫 玲 王 敏 宁东贤 闫翠萍

李 峰 杨 峰 杨扎根 杨海峰

张定一 段学艳 贾强生 崔爱民

梁明珠 鲁晋秀

统 稿 杨 峰

校 对 王 敏 鲁晋秀

# 前 言

肥料是农作物的粮食，是农业生产资料中的最大投入品，其投入约占总投入的一半以上。施肥是最重要的农业增产措施，是农作物获得丰收和经济效益的重要保证，其对农作物产量的贡献率为 30%~50%。据联合国粮食及农业组织估计，第二次世界大战后，发展中国家粮食的增产作用有 55% 以上来自化肥的贡献，其中氮肥起着最重要的作用。目前，氮素化肥是全世界也是我国应用最多的化学肥料。据统计，1998 年我国农业中氮素化肥的施用量 (N) 达到  $2.47 \times 10^7$  t，为同期世界农业氮肥用量  $8.33 \times 10^7$  t 的 29.7%。按  $1.3 \times 10^8$  hm<sup>2</sup> 耕地和  $2.03 \times 10^8$  hm<sup>2</sup> 的播种面积（复种指数 156%）计算，1998 年我国化肥施用量平均分别达到了 314.3 kg/hm<sup>2</sup> 和 201.4 kg/hm<sup>2</sup>，已超过世界施肥平均水平。化肥的应用，大大促进了我国农业的发展。近 50 年来我国粮食总产由 1949 年的  $1.13 \times 10^8$  t，增加到 1998 年的  $5.12 \times 10^8$  t，单产由 1.0 t/hm<sup>2</sup> 提高到了 4.5 t/hm<sup>2</sup>，1998 年人均粮食和肉蛋生产量均超过世界平均水平。

当前肥料的应用情况已经发生了深刻的变化，无论就其使用总量，还是就其应用种类，都已今非昔比。肥料已不再是当初氮肥、磷肥几个屈指可数的品种，为了适应新

时期农业生产的要求，各种新品种肥料悄然登场，不少农民朋友对新型肥料知之甚少，对如何科学施肥存在许多困惑，致使施肥量过大、施肥比例失调、施肥方法不当等盲目施肥现象在不少地方仍很严重，这不仅导致生产成本增加，影响农民增收，而且也带来了严重的环境污染，威胁着农产品的质量安全。

合理施肥是在综合考虑土壤供肥能力、作物需肥特点、肥料特性、气候条件和栽培措施等因素的基础上，以实现培肥地力、增加产量、改善品质、提高效益与保护环境相统一为目的，将肥料施于土壤或作物以调节作物营养平衡的一项重要的农业技术措施。科学合理施肥对于提高粮食单产，降低生产成本，确保粮食稳定增产，农业不断增效，农民持续增收具有重要的现实意义；对于提高肥料利用率、减少肥料浪费，保护农业生态环境，保护农产品质量安全，实现农业可持续发展具有深远影响。

为帮助广大农民朋友尽快掌握科学合理的施肥方法和技能，提高施肥的针对性和利用率，山西省晋城市农业委员会和山西省农业科学院小麦研究所组织有关人员编写了《主要农作物施肥技术》一书，重点介绍山西省土壤养分含量状况，肥料的种类、特性、各种农作物的需肥规律、营养失衡症状以及主要农作物施肥技术等基础知识。本书内容切合实际、通俗易懂、言简意赅，可操作性强，具有初、高中文化程度或具有一定农业生产经验的农民都能看得懂，

## 前 言

---

学得会，用得上。本书除适合广大农民阅读外，还可供基层农业技术推广人员参考。本书编写过程中得到了国家小麦产业技术体系首席科学家肖世和研究员和山西省农业科学院资源与环境研究所研究员焦晓燕博士的指导和帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

希望这本书能受到广大农民读者的欢迎，更希望他们能够从中获得有益的启示和帮助，掌握科学的施肥方法，为实现农业优质、高产、高效、低耗和生态的可持续发展发挥应有作用。

由于编者学识有限，书中难免存在一些缺点和不足，真诚地希望同仁们批评指正。

编 者

2012年1月

# 目 录

## 前言

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第一章 山西气候、土壤与农业 ..... | 1  |
| 第一节 山西气候 .....       | 1  |
| 第二节 山西土壤 .....       | 2  |
| 第三节 山西农业 .....       | 3  |
| 一、粮食作物 .....         | 3  |
| 二、经济作物 .....         | 5  |
| 三、园艺作物 .....         | 6  |
| 第二章 营养元素与生理功能 .....  | 8  |
| 第一节 必需大量元素 .....     | 8  |
| 第二节 必需中量元素 .....     | 11 |
| 第三节 必需微量元素 .....     | 13 |
| 第四节 有益元素 .....       | 19 |
| 第三章 肥料种类与性质 .....    | 22 |
| 第一节 有机肥 .....        | 22 |
| 第二节 无机肥 .....        | 24 |
| 第三节 生物菌肥 .....       | 35 |
| 第四节 气肥 .....         | 38 |
| 第四章 施肥基本原理和原则 .....  | 40 |
| 第一节 施肥的基本原理 .....    | 40 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 一、养分归还学说              | 40 |
| 二、最小养分律               | 41 |
| 三、同等重要律               | 42 |
| 四、最适因子律               | 42 |
| 五、不可代替律               | 42 |
| 六、报酬递减律               | 43 |
| 七、因子综合作用律             | 43 |
| 第二节 施肥的基本原则           | 44 |
| <b>第五章 施肥技术</b>       | 48 |
| 第一节 施肥量               | 48 |
| 一、养分平衡法               | 48 |
| 二、肥料效应函数法             | 49 |
| 三、养分丰缺指标法             | 49 |
| 四、营养诊断法               | 50 |
| 第二节 施肥时期              | 53 |
| 一、基肥                  | 53 |
| 二、种肥                  | 54 |
| 三、追肥                  | 55 |
| 第三节 施肥方式              | 56 |
| 一、土壤施肥                | 56 |
| 二、植株施肥                | 58 |
| 三、灌溉施肥                | 60 |
| 四、免耕施肥                | 60 |
| 五、机械化施肥与自动化施肥         | 61 |
| 六、飞机施肥                | 62 |
| 七、精准施肥                | 62 |
| <b>第六章 主要粮食作物施肥技术</b> | 64 |
| 第一节 小麦                | 64 |
| 一、山西小麦生态环境与种植区域       | 65 |
| 二、适于山西不同生态区推广的小麦品种    | 68 |

## 目 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 三、冬小麦需肥规律·····                | 73  |
| 四、小麦缺素症状·····                 | 80  |
| 五、冬小麦施肥方法与技术·····             | 83  |
| 六、山西南部冬麦区水地小麦施肥方法与技术·····     | 91  |
| 七、山西南部冬麦区旱地小麦施肥方法与技术·····     | 97  |
| 八、春小麦施肥方法与技术·····             | 100 |
| 九、小麦冬水前移两增一减高产高效栽培技术·····     | 104 |
| 十、小麦冬水前移两增一减高产高效栽培技术操作规程····· | 106 |
| 第二节 玉米·····                   | 108 |
| 一、山西省玉米种植区划·····              | 109 |
| 二、山西省玉米主栽品种·····              | 110 |
| 三、玉米高产栽培的生物学基础与需肥特性·····      | 114 |
| 四、玉米营养诊断与施肥·····              | 123 |
| 五、玉米施肥技术·····                 | 132 |
| 六、不同种植方式下的施肥技术·····           | 138 |
| 第三节 高粱·····                   | 142 |
| 一、山西省高粱种植概况·····              | 143 |
| 二、山西省高粱主栽品种·····              | 144 |
| 三、高粱生物学特性·····                | 146 |
| 四、高粱需肥规律·····                 | 150 |
| 五、高粱缺素症状·····                 | 152 |
| 六、高粱施肥技术·····                 | 153 |
| 第四节 谷子·····                   | 158 |
| 一、山西省谷子种植概况·····              | 159 |
| 二、山西省谷子种植生态区划·····            | 160 |
| 三、山西省谷子主栽品种·····              | 161 |
| 四、谷子需肥规律·····                 | 164 |
| 五、谷子缺素症状·····                 | 166 |
| 六、谷子施肥技术·····                 | 167 |
| 第五节 薯类·····                   | 173 |
| 一、马铃薯·····                    | 173 |
| 二、甘薯·····                     | 179 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第六节 豆类 .....              | 184 |
| 一、大豆 .....                | 184 |
| 二、绿豆 .....                | 201 |
| 三、小豆 .....                | 205 |
| 第七章 主要经济作物施肥技术 .....      | 210 |
| 第一节 棉花 .....              | 210 |
| 一、山西省棉花种植区域和面积 .....      | 211 |
| 二、山西省棉花主栽品种 .....         | 212 |
| 三、棉花需肥规律 .....            | 217 |
| 四、棉花缺素症状 .....            | 222 |
| 五、棉花施肥技术 .....            | 224 |
| 第二节 向日葵 .....             | 229 |
| 一、山西省主栽品种 .....           | 230 |
| 二、国内外向日葵施肥技术发展现状与趋势 ..... | 231 |
| 三、向日葵施肥中存在的主要问题 .....     | 232 |
| 四、向日葵吸肥规律 .....           | 233 |
| 五、向日葵缺素症状 .....           | 236 |
| 六、向日葵施肥技术 .....           | 237 |
| 第三节 花生 .....              | 243 |
| 一、山西省花生种植区域和面积 .....      | 244 |
| 二、山西省目前主栽品种 .....         | 244 |
| 三、花生需肥规律 .....            | 247 |
| 四、花生缺素症状及补救措施 .....       | 252 |
| 五、花生施肥技术 .....            | 254 |
| 第四节 芝麻 .....              | 256 |
| 一、山西省芝麻种植区域和面积 .....      | 257 |
| 二、山西省目前主栽品种 .....         | 258 |
| 三、芝麻需肥规律 .....            | 260 |
| 四、芝麻缺素症状及补救措施 .....       | 263 |
| 五、芝麻施肥技术 .....            | 264 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第八章 蔬菜施肥技术</b> .....  | 266 |
| 第一节 蔬菜需肥规律 .....         | 266 |
| 第二节 蔬菜施肥原则及技术 .....      | 269 |
| 一、施肥的基本原则 .....          | 269 |
| 二、基肥和追肥 .....            | 271 |
| 三、无公害蔬菜科学施肥 .....        | 272 |
| 第三节 蔬菜营养缺乏障碍的诊断与防治 ..... | 272 |
| 第四节 根菜类蔬菜营养特性与施肥技术 ..... | 275 |
| 一、萝卜 .....               | 275 |
| 二、胡萝卜 .....              | 278 |
| 第五节 瓜类蔬菜营养特性与施肥技术 .....  | 281 |
| 一、黄瓜 .....               | 282 |
| 二、西瓜 .....               | 285 |
| 三、甜瓜 .....               | 289 |
| 四、南瓜 .....               | 290 |
| 五、西葫芦 .....              | 292 |
| 第六节 茄果类蔬菜营养特性与施肥技术 ..... | 293 |
| 一、番茄 .....               | 294 |
| 二、辣椒 .....               | 296 |
| 三、茄子 .....               | 298 |
| 第七节 叶菜类蔬菜营养特性与施肥技术 ..... | 301 |
| 一、大白菜 .....              | 303 |
| 二、甘蓝 .....               | 304 |
| 三、芹菜 .....               | 305 |
| 四、菠菜 .....               | 307 |
| 第八节 豆类蔬菜营养特性与施肥技术 .....  | 310 |
| 一、豆类蔬菜需肥规律 .....         | 310 |
| 二、豆类蔬菜缺素症状及防止方法 .....    | 310 |
| 三、豆类蔬菜施肥技术 .....         | 312 |
| 第九节 葱蒜类蔬菜营养特性与施肥技术 ..... | 312 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 一、大蒜 .....                         | 313        |
| 二、韭菜 .....                         | 315        |
| 三、大葱 .....                         | 318        |
| <b>第九章 果树施肥技术 .....</b>            | <b>320</b> |
| 第一节 果树所需的营养元素及其功能 .....            | 320        |
| 第二节 果树施肥技术 .....                   | 323        |
| 一、果树施肥时期 .....                     | 323        |
| 二、果树施肥量 .....                      | 325        |
| 三、果树施肥方法 .....                     | 325        |
| 四、果园绿肥 .....                       | 327        |
| 第三节 常见果树的施肥技术 .....                | 328        |
| 一、苹果树 .....                        | 328        |
| 二、梨树 .....                         | 334        |
| 三、葡萄树 .....                        | 338        |
| 四、桃树 .....                         | 341        |
| 五、杏树 .....                         | 344        |
| 六、李树 .....                         | 347        |
| 七、枣树 .....                         | 349        |
| 八、柿子树 .....                        | 351        |
| 九、板栗树 .....                        | 352        |
| 十、核桃树 .....                        | 355        |
| 十一、山楂树 .....                       | 357        |
| <b>附录 .....</b>                    | <b>360</b> |
| 附表 1 主要有机肥养分含量 .....               | 360        |
| 附表 2 主要作物养分含量 .....                | 363        |
| 附表 3 常见化学肥料养分含量 .....              | 364        |
| 附表 4 百种作物形成 100 kg 经济产量所吸收的养分量 ... | 365        |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>368</b> |

# 第一章 山西气候、土壤与农业

山西省地处黄河中游，黄土高原东部，北界长城与内蒙古自治区接壤，西隔黄河与陕西省相望，南抵黄河与河南省为邻，东依太行山与河南、河北两省毗连。省境轮廓大体呈平行四边形，介于东经  $110^{\circ}15'$ ~ $114^{\circ}33'$ ，北纬  $34^{\circ}34'$ ~ $40^{\circ}43'$  之间，南北狭长（约 550 km）、东西较窄（约 380 km），地形复杂，地貌多样，山脉起伏，高低悬殊，冬季寒冷干燥，夏季炎热多雨，四季分明，南北差异和垂直差异较大，日照充足，光、热资源丰富。

## 第一节 山西气候

山西属暖温带、温带大陆性季风气候。以恒山为界，北属中温带气候亚带，南属暖温带气候亚带，相应地形成了温带草原和暖温带夏绿阔叶林两个植被带。

温带草原地带：恒山以北属中温带季风气候区域，年平均气温  $3.5\sim 7^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温  $-9\sim -16^{\circ}\text{C}$ ，最暖月均温  $19\sim 23^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 0^{\circ}\text{C}$  年积温  $2\ 600\sim 3\ 600^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  年积温  $2\ 200\sim 3\ 200^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温日数  $130\sim 165$  天，年降水量  $370\sim 400\text{ mm}$ ，无霜期  $100\sim 130$  天。农作物以春小麦、马铃薯、莜麦、胡麻等温寒作物为主，一年一熟制。

北暖温带夏绿阔叶林亚带：包括恒山以南，南暖温带以北的省境中部广大地区，年均温  $7\sim 12^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温  $-3\sim -10^{\circ}\text{C}$ ，最暖月均温  $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 0^{\circ}\text{C}$  年积温  $3\ 600\sim 4\ 500^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  年积温  $3\ 200\sim 3\ 600^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温日数  $165\sim 180$  天，农作物以玉米、谷子、高粱等杂粮为主，两年三熟制。

南暖温带夏绿阔叶林亚带：包括中条山、太行山南部、运城、临汾盆地，年均温  $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温  $-4\sim -5^{\circ}\text{C}$ ，最暖月均温  $25\sim 27^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 0^{\circ}\text{C}$  年积温  $4\,500\sim 5\,000^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  年积温  $3\,600\sim 4\,600^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温日数  $180\sim 210$  天，年降水量  $450\sim 650\text{ mm}$ ，无霜期  $180\sim 205$  天。农作物以中早熟棉、冬小麦、花生，可复播玉米，一年两熟制。

## 第二节 山西土壤

土壤是在气候、植被、地貌、成土母质、时间因素、人为活动等诸多因子共同作用下形成的。省境北部为干旱草原栗钙土地带，中南部为森林草原褐土地带，吕梁山以西是由森林草原向干草原过渡的灰褐土地带。

雁北纬度偏高，东部多山，雨量少，气候干燥寒冷，植被稀疏矮小，地理环境是一个典型的干草原景观，与此相适应的地带性土壤为干草原栗钙土。日温差、年温差大，风蚀、水蚀严重，年降水量  $400\text{ mm}$ ，年均气温  $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。母岩的物理风化强，化学分解缓慢，土壤质地粗，砂性大，结构差，表层好气性活动频繁，有机体迅速分解，少积累，剖面中有明显的钙积层，但钙积层分布的深度和积累的强度随不同地形部位而异。

吕梁山以西，昕水河与芝水河分水岭以北，一直到平鲁的西北部，右玉为灰褐土。年降水  $450\sim 500\text{ mm}$ ，年均温  $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，气温较寒冷干燥，根据南北自然条件和土壤剖面性质特征，紫金山以北为淡褐土，以南为灰褐土。

晋南、晋东南、晋中和忻州地区位于我国亚热带森林气候和温带草原气候的中间位置，从海陆位置上看，位于沿海湿润区向内陆干旱区过渡地位，在这个地区生长的森林植被是不稳定的，一旦破坏，次生灌木草原植被较稳定。在这种条件下发育起来的土壤为褐土，这是本省主要地带性的土壤，广泛分布于二级阶地

以上的阶地、丘陵和低山。气候温暖，昼夜温差小，年降水 450~600 mm，年均温 10~20℃，矿物质化学分解强，土壤营养丰富，土壤剖层色淡而薄，是黏化度弱的淡褐土。晋南、晋东南，黏化层色暗而厚，是黏化层较强的碳酸盐褐土。

### 第三节 山西农业

山西是我国农耕文化的发祥地和黄河中游古老的农业区之一。全省 15.6 万 km<sup>2</sup> 的国土面积中，70% 是丘陵和山地；4.37×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup> 耕地中，76% 是旱地；3.30×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup> 旱地中，70% 是中低产田。山西农业经济包含粮、畜、果、菜、草五大主导产业。种植业盛产玉米、小麦、谷子、土豆、水稻、高粱、薯类、荞麦、糜子和豆类粮食作物，及棉花、烟叶、甜菜、油料和麻类等经济作物，干鲜果品主要有苹果、核桃、红枣、梨和葡萄，还有党参、黄芪等多种名贵中药材，养殖业主要饲养猪、牛、羊、鸡、兔、驴、马、骡及养蚕、养蜂业、草业以及淡水养渔业。

2011 年全省农作物播种面积达到 3.80×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>，其中粮食播种面积 3.29×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>，粮食总产量达到 1.19×10<sup>10</sup> kg，主要种植小麦、玉米、高粱、棉花、大豆、马铃薯、向日葵、谷子、蔬菜、水果等 10 种作物。长治、忻州、临汾和运城等盆地是山西省的主要农作区。

#### 一、粮食作物

山西粮食作物栽种品种 70 多种，粮食作物以小麦、玉米、谷子、高粱、大豆、莜麦、薯类为主。其中，小麦生产居首位，占粮食总产量的 25%~30%。粮食生产中 30% 左右为细粮，70% 为杂粮。

小麦，是山西主要的细粮作物，占全省粮食作物总播种面积 1/4。小麦为温带作物，全省分布比较普遍，按播种不同可分为

冬小麦和春小麦两种。运城和临汾地区是山西最大的产麦区，第二个产麦区是晋东南地区。

玉米，是山西第二个最主要的粮食作物、第一大粮食作物，占全省耕地总面积的 42.4%。从分布上看，以太行山区种植最多。晋东南地区是山西最大的玉米产区，其种植面积占全省的 26%。玉米是全省“十二五”期间“粮食增产，农民增收”不可替代的主力军，对促进全省粮食安全和增加农民收入意义重大。

谷子，是山西主要粮食作物之一。早在三四千年前的商代，山西这一区域就大量种植。晋东南地区是山西传统的谷子集中产地，所产谷子品质优良，尤其是沁县的沁州黄小米闻名中外。沁州黄颗粒小，色金黄，比普通小米脂肪含量高 1%~2.5%，可溶性糖、蛋白质含量也比普通小米高。沁州黄的产区范围限于沁县次村的王朝、云山、石科、钞沟、东庄等 5 个村子。全部面积仅有 1 060 hm<sup>2</sup>。除晋东南地区外，吕梁、晋中、雁北、忻州等地区以及黄河沿岸各县种植谷子也比较多。

高粱，以忻定盆地和太原盆地分布比较集中，忻州素称“高粱之乡”。忻州市定襄，以及山西原平、代县、文水、汾阳等，高粱种植面积均占粮田面积的 20% 左右。

水稻，为优质高产粮食作物。太原盆地是山西最大的水稻产区，占全省稻田面积的 61.4%，主要分布在太原市小店、晋源等区以及清徐县等地。太原晋源区的晋祠乡是山西著名的传统水稻产区，所产的晋祠大米颗粒硕大，柔韧可口，味道鲜美。同天津小站大米一起，并称“北米之最”。此外，忻定盆地是山西第二大水稻产区，稻田面积占全省稻田面积的 22.81%。

山西的杂粮主要有薯类（甘薯、马铃薯）、大豆、莜麦等。马铃薯以雁北地区和晋西北各县为主。红薯主要分布在运城地区，以临猗及以南各县较多，其次是晋东南、临汾和晋中三个地区。大豆主要分布在山西东西部山区，以临县、兴县、保德、石楼、河曲种植较多。莜麦大约在 2 500 年前已经在山西北部高寒