

主要农作物 富硒生产技术

邓正春 吴仁明 刘茂秋 郑文凯 李虎 陈毅刚 陈杰 主编



 中国农业出版社

主要农作物

富硒生产技术

邓正春 吴仁明 刘茂秋 郑文凯 主编
李 虎 陈毅刚 陈 杰

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

主要农作物富硒生产技术 / 邓正春等主编. —北京:
中国农业出版社, 2015. 10
ISBN 978 - 7 - 109 - 20923 - 7

I. ①主… II. ①邓… III. ①硒-作物-栽培技术
IV. ①S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 220693 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 张 利

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 16

字数: 436 千字

定价: 48.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

《主要农作物富硒生产技术》

编辑委员会

顾问：钦时中

主任：徐超文

副主任：张正钧 蒋祖建 邓正春 李百艳 黎树人

苏以明 郝界洲 毛耀信 熊春来 彭爱立

主编：邓正春 吴仁明 刘茂秋 郑文凯 李虎

陈毅刚 陈杰

副主编：吴平安 杨宇 杜登科 杨柳 郑海涛

戴红梅 李静 刘克勤 吴勇 郝界洲

李晨希 王朝晖

编委：杨俊 颜送贵 黄菊香 毛耀信 熊春来

彭爱立 李良军 刘正雄 傅依广 刘仕斌

张炼平 张平喜 覃事玉 杨才兵 彭永胜

谢敏 李本旦 吴卫平 蹇斯炎 陈常元

李逢喜 刘晓霞 龚明华 杜云 汤小明

文玮 唐慧 刘国平 廖林凤 青志桃

曾庆玮 孙元学 汤勇 夏忠祥 孙芳

黎霞 罗元峰 李树举 康建华 伍志明

曾爱平 何维君 胡生东 王占伟 李丽华

张德平 覃墨 罗丕荣 陈轶林 叶团结

贺艳艳	龚光贵	庾云登	卢赐军	向小平
张毅勇	唐植槐	张 艳	毛 勇	张运胜
刘冬兰	田祖庆	卿定宗	许光才	李飞翔
张允龙	潘 萌	刘海霞	梅丽敏	胡 博
毛福秋	熊 夔	熊 伟	吴泽群	丁丽君
沈昌健	江克平			

编写单位：	常德市老科协	常德市政协
	常德市农学会	常德市农业委
	常德市老科协农业分会	汉寿县农业局
	鼎城区农业局	桃源县农业局

前 言

硒是人们每天必需的 15 种营养元素之一。硒具有抗氧化、抗衰老、防病治病、抗癌防癌及中和重金属毒性的功能，缺硒将会降低人体的免疫功能，从而引发 40 多种疾病。为此，硒被科学家誉为“生命的神奇元素”“主宰生命的元素”及“人类抗癌之王”。

世界上有 40 多个国家和地区缺硒，我国有 70% 以上的地区缺硒，所以补硒工作已备受世界各国的广泛关注。食补优于药补，长期食用富硒食品具有强身健体、延年益寿的作用。因此，开发富硒食品是农民增收、企业增效和居民受益的朝阳产业，且推广前景广阔，发展潜力巨大。

为了大力推广农作物富硒生产技术，着力满足生产者和消费者的需求，我们组织编写了《主要农作物富硒生产技术》一书。本书汇集了 82 篇已在各类刊物上公开发表的富硒论文，包括粮油、水果、蔬菜、茶叶等主要农作物富硒生产关键技术。论文基本保持原貌，只对刊误作了修改。该书的出版发行，将为大力开发富硒农产品、推进富硒食品产业发展提供技术支撑，对科技人员

研究与推广农作物富硒生产技术及农民生产富硒农产品具有指导作用。

由于时间仓促，水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请广大读者斧正与谅解。

编 者

2015年5月5日

目 录

前言

硒对农作物生长发育的影响及其补充方法	1
维生素锌硒肥对水稻产量及品质的影响	9
富硒水稻优质高产栽培技术	15
富硒玉米优质高产栽培技术	19
湖南省富硒小麦优质高产栽培技术	24
富硒甘薯优质高产栽培技术	29
马铃薯富硒高产栽培技术	36
富硒油菜优质高产栽培技术	42
富硒油茶优质高产栽培技术	47
富硒花生优质高产栽培技术	53
富硒大豆优质高产栽培技术	59
富硒柑橘优质高产栽培技术	63
富硒葡萄优质高产栽培技术	69
富硒梨子优质高产栽培技术	80
李子富硒生产关键技术	87
富硒桃子优质高产栽培技术	93
富硒草莓优质高产栽培技术	100
富硒西瓜优质高产栽培技术	105
网纹甜瓜富硒生产关键技术	111
油桃富硒生产技术	118
杨梅富硒生产技术	125
富硒枇杷栽培技术	133

苹果富硒生产关键技术	138
富硒樱桃优质高产栽培技术	145
荔枝富硒生产关键技术	151
香蕉富硒生产关键技术	156
菠萝富硒生产关键技术	162
富硒番茄优质高产栽培技术	169
富硒茄子优质高产栽培技术	175
富硒辣椒优质高产栽培技术	182
富硒黄瓜生产关键技术	189
富硒南瓜优质高产栽培技术	198
冬瓜富硒生产关键技术	203
苦瓜富硒生产关键技术	212
丝瓜富硒生产关键技术	220
西葫芦富硒生产关键技术	228
瓠瓜富硒生产关键技术	236
佛手瓜富硒生产关键技术	243
砍瓜富硒生产关键技术	251
菜豆富硒生产关键技术	257
富硒豇豆栽培技术	262
豌豆富硒生产关键技术	268
扁豆富硒生产关键技术	275
富硒蚕豆栽培技术	280
四棱豆富硒生产优质高效关键技术	285
富硒大白菜优质高产栽培技术	290
小白菜富硒生产技术	295
菜心富硒生产技术	303
京水菜富硒生产技术	310
富硒紫菜薹高产栽培关键技术	314
乌塌菜富硒生产技术	320
小苕菜富硒生产关键技术	324

结球甘蓝富硒生产关键技术	329
抱子甘蓝富硒生产技术	334
羽衣甘蓝富硒生产关键技术	339
富硒青花菜优质高产栽培技术	344
富硒萝卜优质高产栽培技术	349
胡萝卜富硒生产关键技术	355
芥蓝富硒生产技术	360
三池辣菜的特征特性及栽培技术	366
苦苣富硒生产关键技术	373
结球生菜富硒生产关键技术	379
蕹菜富硒生产关键技术	383
菠菜富硒生产关键技术	391
茼蒿富硒生产关键技术	398
包心芥菜富硒生产关键技术	403
苋菜富硒生产关键技术	414
茺荻富硒生产关键技术	418
香芹富硒生产关键技术	422
芦笋富硒种植技术	428
洋葱富硒生产关键技术	433
韭菜富硒生产关键技术	440
番杏富硒生产关键技术	445
分葱富硒生产关键技术	450
大蒜富硒生产关键技术	455
富硒莲藕优质高产栽培技术	459
富硒荸荠优质高产栽培技术	466
富硒茭白优质高产栽培技术	470
慈姑富硒生产技术	476
豆瓣菜富硒生产关键技术	483
富硒水芋优质高产栽培技术	490
富硒茶叶优质高产栽培技术	495

硒对农作物生长发育的影响 及其补充方法

邓正春¹ 吴平安² 吴仁明² 杨宇² 廖林凤² 彭杰²

(¹常德市农学会, 湖南常德 415000;

²常德市农业局, 湖南常德 415000)

摘 要: 阐述硒对农作物种子发芽率、根系活力、抗逆性、叶绿素及产量的影响, 探索富硒机理及硒的富集形态, 认为在农作物生产过程中, 应采取适宜的补硒方式、补硒品种、补硒质量浓度、补硒时期进行补硒, 并讨论了影响农作物吸硒的因素及补硒时的注意事项。

关键词: 硒; 农作物; 补硒方法

《作物研究》: 2014, 28 (6): 771-774.

硒是人体必需的营养元素, 同时也是农作物必不可少的营养元素之一。硒对农作物生长发育的影响很大, 适时、适量、科学补硒, 具有提高种子发芽率、增强农作物抗逆性、促进根系和农作物生长、增加叶绿素含量、提高农作物产量的作用。富硒农产品生产效益较高, 医疗保健作用明显, 深受生产者和消费者青睐, 开发潜力巨大。

1 硒对农作物生长发育的影响

1.1 对种子萌发的影响

(1) 种子活力增强。用硒溶液浸种后, 激发了油菜种子酶的活性, 使脂肪酸含量增加, 种子活力增强。硒浓度为 $0 \sim 15 \mu\text{g/ml}$

时, 脂肪酸含量随硒浓度的提高而增加; 硒浓度为 $15 \mu\text{g/ml}$ 时达到最高值, 脂肪酸含量为 0.37 ml ; 硒浓度超过 $15 \mu\text{g/ml}$ 后有所降低^[1]。

(2) 种子发芽率提高。当硒浓度为 $0\sim 15 \mu\text{g/ml}$ 时, 油菜种子发芽率随硒浓度的增加而提高, 在 $15 \mu\text{g/ml}$ 时发芽率最高, 达 92.1% ; 大于 $15 \mu\text{g/ml}$ 后发芽率有所降低^[1]。

(3) 种子发芽势增强。在一定的时间内, 胚芽愈长, 种子发芽势就愈强。当硒浓度为 $0\sim 15 \mu\text{g/ml}$ 时, 油菜种子胚芽长度随硒浓度的提高而增长; 硒浓度为 $15 \mu\text{g/ml}$ 时胚芽最长, 达 0.63 cm , 超过 $15 \mu\text{g/ml}$ 后胚芽长度下降^[1]。

1.2 对根系生长的影响

(1) 根系还原力增强。补硒后, 油菜根系还原力增强。硒浓度为 $12\sim 21 \text{ mg/L}$ 时根的还原力最强, 根系活力为 $1.349\sim 1.382 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$; 硒浓度大于 21 mg/L 时, 根系活力减小, 根系的还原力开始降低^[2]。

(2) 根系活力增强。硒浓度为 15 mg/L 时, 油菜根系活力为 $1.37 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$, 显著高于对照; 当硒质量浓度达 18 mg/L 时, 根系活力为 $1.39 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$, 极显著高于对照; 硒浓度为 $9\sim 12 \text{ mg/L}$ 或 $20\sim 24 \text{ mg/L}$ 时, 油菜根系活力有所增强, 但差异不显著^[2]。因此, 硒浓度为 $15\sim 18 \text{ mg/L}$ 时的根系活力最强。

(3) 对根冠比、根生物量和总生物量的影响。由表 1 可见, 硒

表 1 不同补硒处理油菜根系的生长情况

硒浓度 (mg/kg)	根冠比	根生物量 (g)	总生物量
0	0.28	1.12	6.28
9	0.36	1.41	6.73
12	0.33	1.51	7.68
15	0.31	1.52	7.85
18	0.27	1.46	8.66

(续)

硒浓度 (mg/kg)	根冠比	根生物量 (g)	总生物量
21	0.26	1.27	7.47
24	0.25	1.19	6.99

浓度为 0~15 mg/kg 时, 根生物量随硒浓度的增加而增加, 大于 15 mg/kg 后逐步减小。硒浓度为 0~18 mg/kg 时, 总生物量随硒浓度的提高而提高, 超过 18 mg/kg 后总生物量逐步降低。硒浓度为 9 mg/kg 时, 根冠比最大, 大于 9 mg/kg 后根冠比减小^[2]。

1.3 对农作物抗逆性的影响

(1) 脯氨酸含量增加。对花椰菜补硒的试验结果表明, 硒浓度为 8~32 mg/kg 时, 体内脯氨酸含量随硒浓度的增加而增加, 大于 32 mg/kg 后, 逐步减小^[3]。脯氨酸含量增加, 农作物生长旺盛, 农作物抗逆性和抵御自然灾害的能力增强。

(2) 丙二醛含量减少。对花椰菜补适量的硒可以减少体内丙二醛的含量。补硒浓度为 8~16 mg/kg 时, 丙二醛含量随硒浓度的增加而减少; 超过 16 mg/kg 后, 丙二醛含量逐步增加^[3]。适量补硒可使农作物体内丙二醛含量减少, 农作物抗氧化、抗衰老能力增强, 从而可增强农作物的抗逆性。

1.4 对农作物生长发育和产量的影响

(1) 促进生长发育。硒浓度为 1~30 mg/kg 时, 大豆可溶性蛋白含量比对照显著或极显著增加; 硒浓度为 5~10 mg/kg 时, 根活力显著或极显著强于对照; 硒浓度为 1~30 mg/kg 时, 根生物量比对照增加, 5 mg/kg 时, 根的生物量最高 (表 2)。可溶性蛋白含量增加, 根系活力增强, 根粗苗壮, 具有促进大豆生长发育的作用^[4]。

(2) 增加全生物量。硒浓度为 1~10 mg/kg 时, 大豆叶绿素含量高于对照, 硒浓度大于 10 mg/kg 后, 叶绿素含量逐步减少;

硒浓度为 1~30 mg/kg 时, 地上部生物量和全生物量均高于对照, 但硒浓度为 1~10 mg/kg 时, 地上部生物量和全生物量增加明显(表 3)^[4]。适量补硒能增加大豆叶绿素含量, 增强光合作用, 提高全生物量, 最终提高产量。

表 2 不同补硒处理大豆的生长发育情况

硒浓度 (mg/kg)	可溶性蛋白含量 (%)	根系活力 [mg/(kg·h)]	根系生物量 (g/株)
0 (CK)	8.8	295.0	0.045
1	11.6**	309.0	0.063
5	12.4**	384.7**	0.066
10	11.7**	333.7*	0.059
20	11.1**	201.1	0.054
30	10.0*	140.6	0.049

* 显著水平; **极显著水平。

表 3 不同补硒处理大豆的生物量

硒浓度 (mg/kg)	叶绿素含量 (mg/g)	地上部生物量 (g/株)	全生物量 (g/株)
0 (CK)	2.60	0.161	0.212
1	2.83	0.212	0.271
5	2.94	0.213	0.283
10	2.85	0.214	0.275
20	2.58	0.172	0.236
30	2.51	0.171	0.224

(3) 提高农作物产量。由表 4 可见, 水稻补硒后的结实率、千粒重均比对照增加, 产量增加 3.3%~11.5%, 增产效果达显著或极显著水平^[5]。

表 4 不同补硒处理水稻的经济性状和产量

处理	结实率 (%)	千粒重 (g)	40 m ² 产量 (kg)	比 CK 增产率 (%)
富硒增甜素	87.3	26.6	38.4ab	4.9
维生素锌硒肥	86.4	26.6	40.8a	11.5
富硒生物有机肥	86.6	26.6	37.8ab	3.3
对照 (CK)	85.6	26.2	36.6b	

2 科学补硒方法

2.1 富硒机理

在农作物生长发育过程中,叶面或根际补施适量的富硒叶面肥或富硒肥,通过叶片和根系将无机硒吸入农作物体内,然后通过农作物生理、生化反应,将无机硒转化为有机硒富集在农产品中,经权威检测部门检测,硒含量达到 GB 28050 中的规定值时即成为富硒农产品。

2.2 硒的赋存形态

农作物通过叶片和根系将无机硒吸人体内后,经生理、生化反应转化为有机硒,即以蛋白质硒、多糖硒和核酸硒等含硒生物大分子赋存在农作物体内,一般有机硒含量占植物体内总硒量的 80% 以上。农作物吸收硒后的作用主要表现在两个方面:一是把无机硒转化为有机硒,降低了无机硒的毒性;二是人们食用适量的有机硒不会中毒,而且具有强身健体、延年益寿的作用。

在油菜苗期叶片中,蛋白质硒和多糖硒是硒的主要赋存形态,占总硒量的 90% 以上,核酸硒极少^[6]。在油菜种子中,蛋白质硒是硒的主要赋存形态,占总硒量的 89.2%,核酸硒和多糖硒较少,只占 10.8%^[7]。

大豆利用硒的主要形式是硒结合蛋白,其可溶性蛋白质的硒含

量约占大豆总硒量的 65%^[8]，说明大豆吸收的硒主要转化赋存于蛋白质中，这样有利于开发富硒大豆蛋白产品。

2.3 补硒方法

2.3.1 适宜的补硒方式 农作物补硒方式分为叶面补硒和根际补硒。叶面补硒由于硒不会被固定，硒利用率高，成本低，因此，生产上一般采用叶面补硒。根际补硒因为硒容易被土壤固定，作物吸收难，成本高，生产上利用较少。根系吸硒快，一般在实验室试验和水培时采用。

为了提高补硒效果，可以采用叶面和根际补硒相结合的办法^[9]。

2.3.2 适宜的补硒品种 硒被农作物吸收后分布于全株，其根、茎、叶、花、果都含硒。如水稻成熟期的硒含量从大到小依次为叶、根、茎、穗^[10]；油菜成熟期的硒含量从大到小依次为叶、根、果、茎^[11]；大豆成熟期的硒含量从大到小依次为根、果、叶、茎^[12]；茎叶类蔬菜生长前期硒含量从大到小依次为根、叶、茎，中期从大到小依次为叶、根、花、茎，后期从大到小依次为叶、根、果、茎^[13]。因此，补硒品种首先选叶、根类品种，其次选花、果类品种，最后选择茎类品种。对于不能食用的根、茎、叶，可加工成富硒饲料。

2.3.3 适宜的补硒浓度 由水稻、油菜、大豆、蔬菜对硒的富集研究可知，在一定补硒浓度内，农作物体内的硒含量随硒浓度的增加而提高，超过一定的浓度后，硒含量虽有增加，但对农作物生长发育会产生抑制作用，从而降低产量。主要作物品种的适宜补硒浓度为：水稻 10~20 mg/kg；油菜 10~21 mg/kg；大豆 1~10 mg/kg；蔬菜 5~20 mg/kg；水果 10~22 mg/kg；食用菌 10~25 mg/kg^[4]。

2.3.4 适宜的补硒时期 农作物补硒后，硒含量随生长时间的延长而增加，但各生育期的平均积累速率和阶段相对累积率不同，水稻硒含量表现为孕穗期、灌浆期、成熟期、苗期依次减小，水稻最佳补硒时期为孕穗期和灌浆期；油菜硒含量表现为开花期、现蕾

期、结荚期、薹期、苗期依次减小，油菜在现蕾期、开花期、结荚期补硒为宜；大豆硒含量表现为成熟期、荚期、花期、苗期依次减小，大豆在花期、荚期及成熟期补硒为佳。

在农作物各生育时期均可补硒，苗期虽然积累慢，累积量低，对硒忍受能力差，但秧苗集中，此时适量补硒可达到节本增效的目的；生殖生长期和成熟期的积累快，累积量高，对硒的忍受能力强，此时补硒效果好，但要加大补硒浓度。

2.3.5 影响吸硒的因素 在酸性土壤中，硒常以难溶解的碱式亚硒酸铁存在，很难被作物吸收利用，而在碱性土壤中，硒可氧化成硒酸根离子而呈水溶性，容易被作物吸收利用，因此，补硒前需要测试和调节土壤酸碱度。单质硒不易被作物吸收，化合物硒容易被作物吸收。硒酸盐比亚硒酸盐更容易被作物吸收。由于硒与硫具有相似性，土壤中硫含量高，作物吸硒量就少，反之亦然。黏土对硒的吸附作用大导致作物可吸收利用的硒减少^[15]。

2.3.6 补硒时的注意事项

- (1) 在阴天或晴天下午 4 时后补硒为宜。
- (2) 补硒后 4 h 之内遇雨，应及时补施 1 次。
- (3) 宜与卜内特或好湿等有机硅喷雾助剂混用。
- (4) 补硒时雾点细小，叶片正反面都要喷到硒溶液。
- (5) 不能与碱性农药、肥料混用。
- (6) 采收前 15~20 d 停止补硒^[16]。

参考文献

- [1] 张弛, 吴永尧, 彭振坤, 等. 硒对油菜种子萌发和脂肪酶活性的影响研究 [J]. 湖北农业科学, 2002 (5): 69-70.
- [2] 张弛, 周大寨, 吴永尧, 等. 硒对油菜根系活力的影响 [J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2003, 21 (4): 8-10.
- [3] 张弛, 吴永尧, 彭振坤, 等. 微量元素硒对油菜苗期主要化学成分的影响 [J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2006, 24 (1): 88-90.
- [4] 唐巧玉, 吴永尧, 周毅峰. 硒对大豆生长和某些生理生化指标的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41 (1): 53.