

# 富硒西瓜生产中硒富集特性的初步研究

李秀启, 尹国红, 贾宝华, 郝浩浩, 张庆社

(济源市农业科学院 河南济源 459002)

**摘要:**为探讨富硒西瓜生产中硒富集特性,以豫艺甜宝等西瓜品种为试材,观测喷施硒肥后叶片硒残留量变化,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验,分析亚硒酸钠喷施时期、次数、每次用量等3因素对果肉总硒含量的影响,并比较不同西瓜品种间硒富集能力的差异,评价富硒西瓜生产示范效果。结果表明,喷施硒肥后叶片总硒含量( $w$ ,后同)最高达 $3350 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,硒在叶片残留期约15 d左右;影响西瓜果实硒含量最大的因素是硒肥施用时期,其次是硒肥用量及喷施次数,以组合 $A_3B_1C_2$ (膨果定个期+1次+ $800 \text{ mg}\cdot 667 \text{ m}^{-2}$ )硒富集效果最好,果实总硒含量达 $130 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;不同西瓜品种硒富集能力差异极显著,在南太行丘陵地区进行富硒西瓜生产示范,平均果肉总硒含量 $63.3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。富硒西瓜生产中以膨大定个期喷施硒肥1次效率最高,硒肥用量可根据设定的果实硒含量要求合理选择。

**关键词:**西瓜;富硒;富集特性;正交试验

中图分类号:S651

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)03-031-05

## The characteristics of selenium enrichment in the production of selenium-rich watermelon

LI Xiuqi, YIN Guohong, JIA Baohua, HAO Haohao, ZHANG Qingshe

(Jiyuan Academy of Agricultural Sciences, Jiyuan 459002, Henan, China)

**Abstract:** Yuyi Tianbao and other watermelon cultivars were used to explore the characteristics of selenium enrichment in the production of selenium-rich watermelon. Changes of selenium residue in leaves after spraying selenium fertilizer were observed. A  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment was used to study the effects of spraying time, number of applications and concentration of sodium selenite on selenium content in watermelon. The differences of selenium enrichment among watermelon varieties were compared and effect of selenium-rich watermelon production was evaluated. The results showed that the total selenium in leaves was up to  $3350 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  after spraying selenium fertilizer, and the residual period of selenium in leaves was about 15 days. The time of spraying selenium fertilizer had the greatest influence on the total selenium content in watermelon fruit, followed by concentration of selenium fertilizer used. The number of applications had the least effect. The combination  $A_3B_1C_2$  (full size fruit stage + one time +  $800 \text{ mg}\cdot 667 \text{ m}^{-2}$ ) had the best selenium enrichment and the total selenium in the fruit was  $130 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . The selenium enrichment in different watermelon cultivars differed significantly. Selenium enrichment was higher for watermelon grown in hilly area of South Taihang, and the average selenium content in flesh was  $63.3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . We suggest that selenium fertilizer is best applied at full size fruit stage and the amount of selenium fertilizer can be determined based on required selenium content in the fruit.

**Key words:** Watermelon; Selenium-enriched; Enrichment characteristics; Orthogonal experiment.

硒是人体必需的微量元素之一,它有抗氧化、维持免疫系统正常生理功能等诸多益处<sup>[1]</sup>。然而,我国地理环境硒缺乏的范围和程度都比较严重,约有72%的市(县)处于严重的缺硒或低硒状态<sup>[2-3]</sup>。功能农业是2008年由中国科学院赵其国院士在全球率先提出的农业新概念,其目的是实现农产品中一种或多种有益

健康成分(如矿物质、生物化合物)基于人类健康需求做出标准化优化的生产<sup>[4-5]</sup>。全球70亿人口,有20亿人存在营养摄入不足而导致的“隐性饥饿”问题,发展功能农业可有效提高农产品品质,满足消费者“吃出健康”的需求,解决“隐性饥饿”问题,进而通过为消费者创造新价值带来农民、农村和农业的新收

收稿日期:2020-12-07;修回日期:2021-09-09

基金项目:河南省大宗蔬菜产业技术体系项目(s2010-03);济源市科技攻关项目(20021012)

作者简介:李秀启,男,副研究员,主要从事高效农业及农业产业发展研究。E-mail:13938176372@139.com

通信作者:尹国红,男,高级农艺师,主要从事功能农业及农业区域化研究。E-mail:280582341@qq.com

益<sup>[6]</sup>。以硒元素为代表的微量元素在人体健康方面的巨大作用日益显现,硒产业逐渐成为健康中国战略的重要支撑、乡村产业兴旺的有力抓手及农业供给侧结构性改革的可行途径<sup>[7]</sup>。已有研究表明,适宜浓度的硒对植物的生长发育有较为明显的促进作用,还可以提高植物抗逆性,水稻、小麦、果蔬等主要农作物都有硒生物强化的实践,并取得较好的效果<sup>[8]</sup>。王玮等<sup>[9]</sup>研究表明,西瓜叶面喷施氨基多糖硒肥具有增强植株叶片光合作用和植株长势,提高产量和改善果实品质的功效。康利允等<sup>[10]</sup>研究表明,土壤施硒量为 $0.50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 更有利于西瓜生长,富硒效果最佳。杜少平等<sup>[11]</sup>、肖真真等<sup>[12]</sup>认为叶片喷施硒肥生产富硒西瓜方法易于操作,并分别认为叶面喷施硒质量浓度 $60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $15\sim 30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 为富硒西瓜生产适宜浓度。但有关富硒西瓜生产中硒富集特性综合性的报道文献比较少见。笔者为了解决

生产中硒肥的滥用而导致的浪费和环境污染,研究了硒肥在西瓜叶片硒残留变化,以探讨硒肥合理的重复施用时间,并以正交试验筛选硒肥施用时期、次数、用量的较优组合及不同品种硒强化效果的差异等,以期获得生产富硒西瓜系统性技术方案措施。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在河南省济源市农业科学院西瓜科技示范基地(济源市承留镇卫佛安村)进行,该地处于河南省西北部太行山南麓,属暖温带季风气候,年平均温度 $14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量 $567.9\text{ mm}$ ,土壤类型为褐色土,试验前在试验地梅花形布点法采集取深度为 $0\sim 20\text{ cm}$ 土壤样品作为土壤背景值,样品委托农业农村部农产品质量监督检验测试中心(郑州)检测,其土壤基础肥力状况见表1。

表1 0~20 cm 土壤基础肥力

参数	w(有机质)/(g·kg <sup>-1</sup> )	w(全氮)/(g·kg <sup>-1</sup> )	w(有效磷)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	w(速效钾)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	w(总硒)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	pH
数值	18.00	1.38	31.80	343.00	0.23	7.98

### 1.2 材料

供试西瓜品种为河南鼎优农业科技有限公司提供的秀都(P1)、美都(P2)、麒麟(P3),中国农业科学院郑州果树研究所提供的中科3号(P4)、中科182(P5),河南省农科院园艺研究所提供的美莎特(P6),河南豫艺种业科技发展有限公司提供的豫艺甜宝(P7)。含硒叶面肥(以下简称:农硒宝)依据笔者单位申报的专利方法制备<sup>[13]</sup>。

### 1.3 仪器与试剂

AA-7020 原子吸收分光光度计(北京东西分析仪器有限公司);AF-640 原子荧光分光光度计(北京瑞利分析仪器有限公司);K1160 全自动凯氏定氮仪(山东海能科学仪器有限公司);HY-2 调速多用振荡器(金坛区西城新瑞仪器厂);硝酸、盐酸、硫酸(UP级,苏州晶瑞化学股份有限公司),氢氧化钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司),亚硒酸钠(分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司);硒标准样品( $1000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,国家有色金属及电子材料分析测试中心)。

### 1.4 方法

1.4.1 喷施硒肥西瓜叶片硒含量的变化 采用单因素完全随机设计,试验地面积 $300\text{ m}^2$ ,供试西瓜品种为豫艺甜宝,试验于2020年3—6月进行,3月12日小拱棚 $8\text{ cm}\times 8\text{ cm}$ 营养钵育苗,4月20日地膜覆盖栽培,喷施药液量以 $60\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^2$ 为标准折

算,其他田间管理措施一致,在西瓜授粉结束后喷施农硒宝600倍液,喷施时以叶片均匀沾满液滴为宜,喷施前随机取大小、叶龄基本一致的西瓜叶片150片,以后每间隔1d取样1次,叶片取样标准同第1次,共取样8次。每次取样后将样品密封冷藏保鲜委托农业农村部农产品质量监督检验测试中心(郑州)进行总硒含量测定,该测试中心采用GB 5009.93—2017(氢化物原子荧光光谱法)进行总硒含量检测。

1.4.2 亚硒酸钠( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )喷施时期、次数、用量正交试验 采用正交试验设计分析<sup>[14-15]</sup>,选取喷施时期、次数、每次用量3个因素进行试验,每个因素设置3个水平,选用 $L_9(3^4)$ 正交表安排试验,试验设计时留下了空白列<sup>[16-17]</sup>,根据正交设计表,共9个处理,具体因子水平见表2。小区面积 $10\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ ,每小区定植25株,设置2次重复,采用随机区组排列,西瓜品种、栽培管理同1.4.1,喷施药液量以 $60\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^2$ 为标准折算,西瓜成熟后每个小区随

表2 正交试验 $L_9(3^4)$ 因素水平

水平	因素		
	时期(A)	次数(B)/次	每次用量(C)/(mg·667 m <sup>2</sup> )
1	初花期	1	200
2	膨大初期	2	400
3	膨大定个期	3	800

机取 10 个西瓜,把每个西瓜分为 8 等分,每个西瓜取 1/8 可食用部分果肉制成混合样,取样后将样品密封冷藏保鲜送检(送检地点和检测方法同 1.4.1)。

1.4.3 不同西瓜品种硒富集效果试验 采用单因素随机区组试验设计,选用 7 个西瓜品种 P1~P7,小区面积 6 m×5 m,每小区定植 30 株,设 3 次重复,西瓜播种、栽培管理等同 1.4.1,于西瓜定瓜后连续喷施农硒宝 2 次,间隔 10 d,取样、送检及检测方法同 1.4.2。

1.4.4 南太行丘陵山区富硒西瓜生产示范效果 在济源示范区承留镇富硒西瓜科技示范基地选取 3 户科技示范户进行生产试验示范,时间、方法同 1.4.1。其中,示范户 A、B、C 示范种植分别约为 1200、1800、2600 m<sup>2</sup>;田间栽培管理技术水平和当地一般栽培管理技术水平一致,期间技术培训要求示范户在西瓜授粉结束后喷施农硒宝 600~1000 倍液;西瓜销售期每户随机取样 10 个西瓜,西瓜取样、送检方法同 1.4.2。示范户 A 和 B 样品委托农业农村部农产品质量监督检验测试中心(郑州)检测,方法同 1.4.1,示范户 C 委托英格尔检测技术服务(上海)有限公司检测,该公司采用 GB 5009.93—2017(电感耦合等离子体质谱法)检测总硒含量,采用差减法(DBS 42/002—2014)测定有机硒含量,即总硒含量减去无机硒含量等于有机硒含量。

## 1.5 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据的整理分析及相关计算,采用 IBM SPSS Statistics 20 统计软件进行直线回归、方差及正交试验结果分析,多重比较选用 LSD 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 喷施硒肥西瓜叶片硒含量的变化

由图 1 可知,在本试验土壤条件下,不喷施硒肥西瓜叶片中未检出硒。西瓜叶面补充硒肥后,叶片硒含量陡然增加,最高达 3350 μg·kg<sup>-1</sup>。随着叶面施硒肥时间的推移,叶片总硒含量总体呈逐渐下降趋势,初步判断喷施硒肥后,西瓜叶片总硒含量和喷施后的时间这两个变量之间存在直线趋势,经计算两变量相关系数为-0.773,该系数在概率为 0.05 水平上具有显著性,其具有统计学意义。经过对数据进行回归分析,回归系数具有显著性,求得叶片总硒含量的回归方程为  $y=3040-185x$ ,可以用喷施硒肥后的时间来估算叶片总硒含量,由回归方程可知喷施硒肥 15 d 后叶片硒残留量极低,要维持

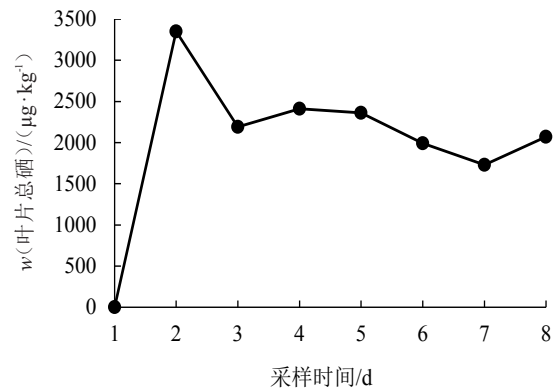


图 1 喷施硒肥西瓜叶片硒含量的变化

叶片硒含量需要及时补充硒肥。

### 2.2 亚硒酸钠喷施时期、次数、用量对西瓜果肉硒含量的影响

由表 3 可以看出,通过正交试验的直观分析  $R$  值表明,硒肥喷施时期对豫艺甜宝西瓜果实总硒含量影响最大,其次是硒肥用量,硒肥喷施次数影响相对较小。7 号试验组合(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>)果实总硒含量高于其他组合,9 号试验组合(A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>)次之,分别达 130、110 μg·kg<sup>-1</sup>,1 号试验组合(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>)果肉总硒含量最低,为 45 μg·kg<sup>-1</sup>。试验设计时留下了空白列,将其视为与误差项对应的因素,更进一步的方差分析结果显示(表 4),在所选因素水平范围内,所有处

表 3 正交试验结果分析

试验号	时期(A)	次数(B)/次	每次用量(C)/(mg·667 m <sup>2</sup> )	空白(D)	w(总硒)/(μg·kg <sup>-1</sup> )
1	1	1	1	1	45
2	1	2	2	2	84
3	1	3	3	3	71
4	2	1	3	2	100
5	2	2	1	3	86
6	2	3	2	1	78
7	3	1	2	3	130
8	3	2	3	1	87
9	3	3	1	2	110
K1	200	275	241	210	
K2	264	257	292	294	
K3	327	259	258	287	
R	127	18	51	84	

表 4 以总硒含量为指标的方差分析结果

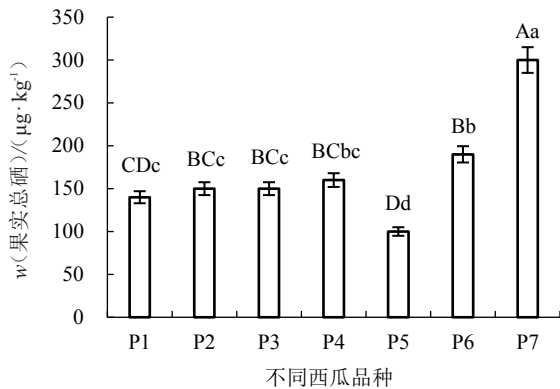
因素	离差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
时期(A)	2 688.22	2	1 344.11	5.98	无
次数(B)	64.89	2	32.44	0.14	无
每次用量(C)	1 448.22	2	724.11	3.22	无
误差	449.56	2	224.78		
总变异	4 650.89	8			

注:  $F_{0.01(2,2)}=99.00$ ;  $F_{0.05(2,2)}=19.00$ 。

理对试验结果的影响都没有达到显著水平。

### 2.3 不同西瓜品种硒富集效果的差异

由图2可知,不同西瓜品种硒富集能力存在一定差异,西瓜果肉总硒含量最高品种为豫艺甜宝(P7),硒含量达 $300 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,是含量最低品种中科182(P5)的3倍。P7果肉总硒含量极显著高于其他6个品种,美莎特(P6)果肉总硒含量极显著高于秀都(P1)和中科182(P5),秀都、美都、麒麟、中科3号(P1、P2、P3、P4)之间果肉总硒含量差异不显著,但均极显著高于P5。



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著,不同大写字母表示在0.01水平差异极显著。

图2 不同西瓜品种硒富集差异

### 2.4 南太行丘陵山区富硒西瓜生产示范效果

从表5可以看出,南太行丘陵山区生产的富硒西瓜果肉总硒含量平均可达 $63.3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,示范户A、B样品果肉总硒含量分别为 $52 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $57 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,示范户C样品总硒含量最高,为 $80.9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。对示范户C进行有机硒和无机硒含量检测发现,有机硒含量为 $80.9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,无机硒未检出(检出限为 $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),说明施硒肥后,西瓜植株逐渐把无机硒合成转化为有机硒,成熟期果肉硒以有机硒为主。

表5 南太行丘陵山区富硒西瓜果肉硒含量

编号	w(总硒)/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	w(有机硒)/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	w(无机硒)/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
示范户A	52.0	未检测	未检测
示范户B	57.0	未检测	未检测
示范户C	80.9	80.9	未检出
平均值	63.3		

## 3 讨论与结论

外源硒肥能够显著增加西瓜果肉的总硒含量,从而达到生产富硒西瓜的目的,这与前人的研究结果一致<sup>[9-12]</sup>。关于西瓜叶面补充硒肥叶片硒

含量变化的研究未见报道,基于笔者试验结果可知西瓜叶面补充硒肥后,叶片硒含量陡然增加,最高达 $3350 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,叶片总硒含量和喷施后的时间呈负相关,大约15d后叶片硒残留量就极低了,这与邢海峰等<sup>[18]</sup>研究马铃薯喷施硒肥后体内硒含量变化结果一致,他们认为喷施硒肥在马铃薯生育过程中,茎叶中硒的分布逐渐降低,从块茎形成期的82%逐步下降到收获期的40%。不同西瓜品种硒富集能力存在差别,这与前人在叶用莴苣<sup>[19]</sup>、稻米<sup>[20]</sup>、葡萄<sup>[21]</sup>等其他作物上的研究结果一致,在富硒西瓜的生产中应注重品种的选择。关于外源硒肥补充后西瓜根、茎、果实等组织硒含量的变化规律有待进一步研究。

在进行富硒西瓜生产时,西瓜果肉总硒含量受喷施时期影响最大,其次是硒肥用量,喷施次数影响最小,7号试验组合(A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>)和9号试验组合(A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>)西瓜果肉硒含量相对较高,分别达 $130$ 、 $110 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,1号试验组合(A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>)果肉总硒含量最低,为 $45 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,对照国内富硒农产品的要求<sup>[22]</sup>,所有处理均达到富硒要求,如若多次喷施间隔期控制在10d为佳。富硒西瓜生产中应选择在西瓜膨大定个期喷施1次硒肥效率最高,可以根据对西瓜果实硒含量的要求来选择硒肥用量。植物吸收亚硒酸盐后,硒在植物体内被转化为有机硒化合物,转化的有机硒化合物被运转到植物各部位<sup>[8]</sup>,本试验通过外源硒喷施生产的富硒西瓜硒元素是Se<sup>4+</sup>,经检测果实内主要存在形式以有机态为主,产品的安全性较高。西瓜是我国人民消费量最大的鲜食瓜果之一,硒元素摄入时没有加工过程损耗,是一种较为理想的补硒途径之一,富硒西瓜的生产前景较为广阔。

### 参考文献

- [1] 熊咏民,杨晓莉,张丹丹,等. 硒的生物学效应与环境相关性疾病的研究进展[J]. 土壤,2018,50(6):1105-1112.
- [2] 李海蓉,杨林生,谭见安,等. 我国地理环境硒缺乏与健康研究进展[J]. 生物技术进展,2017,7(5):381-386.
- [3] 孙崇庆,马晓春,高艳明,等. 硒肥对植物工厂水培生菜生长及品质的影响[J]. 中国瓜菜,2020,33(6):24-29.
- [4] 赵其国,尹雪斌,孙敏,等. 2008—2018年功能农业的理论发展与实践[J]. 土壤,2018,50(6):1061-1071.
- [5] 赵其国. 功能农业[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [6] 尹雪斌. 功能农业百问[M]. 北京:科学出版社,2020.
- [7] 程水源,李康乐,王庆,等. 硒产业战略:重大意义与实现途径[J]. 食品科技,2020,45(10):1-4.
- [8] 李秀启,尹国红,郝浩浩,等. 植物对硒的吸收利用及主要农作物硒生物强化研究进展[J]. 甘肃农业科技,2019(4):65-71.

- [9] 王玮,汪国莲,梁双林,等.叶面喷施氨基多糖硒肥对西瓜生长及产量品质的影响[J].江苏农业学报,2019,35(6):1413-1420.
- [10] 康利允,李晓慧,常高正,等.土壤增施硒肥对西瓜生长及其产量、品质的影响[J].江西农业大学学报,2020,42(1):20-30.
- [11] 杜少平,马忠明,薛亮.喷施硒肥对砂田西瓜产量、品质及养分吸收的影响[J].果树学报,2020,37(5):705-713.
- [12] 肖真真,李化银,焦自高,等.叶面喷施外源硒肥对西瓜产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2019,32(5):38-41.
- [13] 马朝喜,尹国红,闫姐,等.一种磷酸硒钾有机液肥制备及使用方法:CN201510769671.9[P].2017-05-24.
- [14] 西南农业大学.蔬菜研究法[M].郑州:河南科学技术出版社,1981.
- [15] 陈忠文,文西强,王宏飞,等.豆薯品种(系)、种植密度、块根采收期三因素正交试验[J].农村经济与科技,2013,24(11):27-28.
- [16] 王如德,怀燕,程琮.SPSS13.0在空白列正交试验设计及其数据处理中的应用[J].中国卫生统计,2007(4):426-427.
- [17] 何秋月.SPSS在 $L_9(3^4)$ 正交试验数据处理中的应用[J].中国中医药现代远程教育,2005,3(12):27-29.
- [18] 邢海峰,高炳德,樊明寿,等.马铃薯硒素吸收分配规律及硒肥效应研究[J].华北农学报,2012,27(6):213-218.
- [19] 袁伟玲,刘志雄,吴金平,等.不同施硒方式对叶用莴苣产量、含硒量和硒转化率的影响[J].中国蔬菜,2021(2):80-84.
- [20] 韦燕燕,王松,顾明华,等.不同品种稻米中硒、锌、铁含量比较及其膳食摄入量评估[J].食品工业,2020,41(11):217-220.
- [21] 印宁,穆兰,梁银丽,等.叶面喷施硒肥对3个葡萄品种果实产量、品质和硒含量的影响[J].应用生态学报,2020,31(3):953-958.
- [22] 汤超华,赵青余,张凯,等.富硒农产品研究开发助力我国营养型农业发展[J].中国农业科学,2019,52(18):3122-3133.

(上接第30页)

素。按照该推荐意见能够确保农药种类选择是合理的,具体需要结合特定杀虫剂和杀菌剂的推荐剂量进行施用。另外,还要注意登记证防治对象命名偏好性。例如,“红蜘蛛”和“螨类”事实上是一样的,应当注意查找靶标的多种俗名,从图上寻找最合适适用药。如果某种害虫的种类得到了确切鉴定但对应分析图上找不到合适适用药,可以从其上上位概念的类别中寻找合适的农药,例如针对二斑叶螨,就按照“螨类”的散点寻找合理的杀虫/杀螨剂。

由本试验结果可以得出:(1)在喷施农药时,如果遇到2种及以上害虫(或者2种及以上病害)同时发生,可以观察对应分析图上这些靶标正向矢量的夹角是否很小。如是,就可能用一种散落在2个靶标正向矢量所夹区域中等价广谱性农药兼治,减少施药次数,降低人力和农药成本。(2)农药负面作用有时需要长期应用才会凸现出来,进而被列入禁限用名录。当某些农药品种因抗药性或残留问题被禁用而新型替代产品尚未研发成功时,可以首先根据对应分析图上“与防治对象正向矢量夹角 $<90^\circ$ ”的原则确定可用农药范围,再根据这些可用农药的散点离坐标原点的远近顺序构建应急用药体系。(3)如果一种药物单剂已经产生了严重的抗性,可以根据本试验绘制的多维尺度图,将散点距离较近的杀虫剂或杀菌剂混配起来施用,避免将距离较远的药物混用。

同时,也应当指出对应分析处理方法的一些不足之处。这种统计分析方法只能处理分类变量而不能处理连续性变量。针对农药而言,其基本假设是“针对某种病虫害,哪种农药办理的登记证数目越多,防治效果认可程度就越高”,并不能将某种农

药的市场销量信息和登记时间信息有效地结合进去。未来需要探讨将这些连续性变量整合融入对应分析的途径。

### 参考文献

- [1] 魏照信,陈荣贤.农作物制种技术[M].兰州:甘肃科学技术出版社,2008.
- [2] 于海利,苏俊平,院海英,等.植物源诱芯和黄板联防防治瓜菜温室白粉虱[J].中国瓜菜,2019,32(10):64-67.
- [3] 刘雯雯,杨慧,陈岩,等.国内外瓜类蔬菜农药残留限量标准比对分析[J].农产品质量与安全,2019(2):71-76.
- [4] 王培,符伟,唐涛,等.4种杀虫剂灌根对设施甜瓜主要害虫种群动态的影响[J].中国瓜菜,2021,34(4):117-121.
- [5] 王胤,关山,张欣颖,等.6种药剂对瓜蚜的田间药效试验[J].浙江农业科学,2019,60(12):2264-2267.
- [6] 高德良,庄占兴,宋化稳,等.氟啶虫胺腈等7种杀虫剂对西瓜蚜虫防效比较[J].长江蔬菜,2019(14):65-67.
- [7] 张尚卿,潘阳,韩晓清,等.10%溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂对日光温室唐山秋瓜三种主要害虫田间药效[J].黑龙江农业科学,2019(10):59-62.
- [8] 徐伟东,黎菊,陆强.几种药剂防治西瓜瓜蚜田间试验[J].黑龙江农业科学,2018(10):81-83.
- [9] 王一杰,邸菲,辛岭.我国粮食主产区粮食生产现状、存在问题及政策建议[J].农业现代化研究,2018,39(1):37-47.
- [10] BEH E J, LOMBARDO R. Correspondence analysis: theory, practice and new strategies[M]. Wiley, 2014: 130-186.
- [11] 曹玉茹.基于SPSS对应分析的定性数据分析方法研究[J].福建电脑,2018,34(10):4-6.
- [12] 王静,马新耀,朱九生.我国番茄用农药登记现状及存在问题和建议[J].安徽农业科学,2021,49(4):234-236.
- [13] 徐龙,郭元成,梁朝阳,等.浅析我国番茄上农药登记现状、问题与提升化学防治水平的对策[J].上海农业科技,2021(3):21-23.
- [14] 梁宏杰,吕和平,吴雁斌,等.2014—2018年我国马铃薯病虫害防治农药登记现状分析[J].甘肃农业科技,2019(8):65-72.