

DOI:10.11937/bfyy.201707004

有机氯农药对甜瓜果面污染特征和叶绿素荧光参数的影响

薛占军, 李 惠, 高志奎

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以浅色系厚皮甜瓜品种‘九红瑞’为试材,将有机氯杀菌剂(腐霉利,FML)和杀虫剂(高效氯氟氰菊酯,LJZ)分别配制成1 000倍和2 000倍药液,对开花后第15天的甜瓜果实进行单独喷施处理,在果实污染危害症状显现时,利用叶绿素荧光动力学技术对其污染效应进行分析和评价。结果表明:与对照相比(清水加助剂,CK),甜瓜果实在喷施有机氯农药后的第7天便开始产生明显的污染危害症状,且表现出多位点毒害特征,即不仅破坏原初光化学结构,还降低碳吸收动力学活性,更为重要的是增加光能过量耗散,引起光系统II(PSII)乃至整个光合机构的光抑制甚至光损伤,间接导致甜瓜果实表面组织的热灼伤斑点发生。通过模糊数学的隶属函数法对甜瓜果实受有机氯农药污染的程度进行综合评价,结果发现LJZ污染程度明显高于FML的,且随着喷施浓度的增大而增强。

关键词:甜瓜;有机氯农药;综合污染指数;叶绿素荧光

中图分类号:S 652.601 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)07-0018-05

随着市场需求和蔬菜产业的迅速发展,我国甜瓜栽培面积正在逐年增加,并从新品种选育、集约化嫁接育苗、绿色安全用药、水肥调控和果实套袋等方面不断充实其无公害生产技术水平^[1-4],满足消费者对甜瓜安全品质和营养品质的需求。但是,近年来在河北省设施甜瓜栽培生产区,常常发现浅色系厚皮甜瓜果实表面出现星云状、不规则的褐色斑点,发生率高达80%以上,且春秋两季均有发生,严重影响着甜瓜果实的商品品质和市场价格^[5]。课题组初步分析认为,这可能主要与坐果后不规范的喷施杀菌剂、杀虫剂等农药有关。

叶绿素荧光动力学分析技术由于可以快速、无损伤地探测植物光系统II(PSII)活性,间接反映外界生物或非生物因子对植物光合生理状况的细微影响^[6-7],而

被广泛用于重金属^[8]、除草剂^[9]、杀菌剂^[10]、杀虫剂^[11]等污染物的生态毒理学效应的探测分析,在明确相关污染危害机理的基础上,也为植物光合器官的生理活性及其运转状况提供了全新的检测和评价方法。

因此,该研究以浅色系厚皮甜瓜的幼果为试材,对其单独喷施不同浓度、不同种类的有机氯农药,在斑点显现时利用叶绿素荧光仪测定果实表面PSII动力学活性参数,探索果实斑点发生的污染危害原因,评价有机氯农药对甜瓜果实的危害程度,充实农药生态毒理学机理,并为提高甜瓜果实商品品质和安全品质的科学合理用药技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试甜瓜品种为‘九红瑞’,2013年2月20日播种育苗,3月27日在河北省清苑县塑料大棚中采用宽窄行对坡面沟畦定植,小行距55 cm,大行距75 cm,株距38 cm,5月中旬坐瓜后进行田间试验处理。

试验所用的2种有机氯农药为腐霉利(FML,50%可湿性粉剂)杀菌剂和高效氯氟氰菊酯(LJZ,25%乳油)杀虫剂,配制的浓度均为1 000倍液(1 000倍,2倍常规浓度)和2 000倍液(2 000倍,常规浓

第一作者简介:薛占军(1983-),男,内蒙古人,博士,讲师,现主要从事设施蔬菜生理生态及生长调控等研究工作。E-mail: xzj_0117@126.com.

责任作者:高志奎(1963-),男,博士,教授,现主要从事设施蔬菜生理生态及生长调控等研究工作。E-mail: gaozhikui2005@163.com.

基金项目:河北省科技支撑计划资助项目(13226419D)。

收稿日期:2016-12-13

度),并加入少量的 0.03% 有机助剂(三硅氧烷),使得药液更好地湿润果面,并被充分吸收。

1.2 试验方法

在甜瓜雌花开放后的第 15 天,随机选取大小一致的幼瓜进行含氯农药的喷施处理,喷施时间为晴天的 08:00—10:00,喷施量以果实表面的药液略呈流滴状态为佳,连续喷施 2 次(间隔 30 min),以清水加有机助剂作为对照,喷施完毕后再用带有通气孔的聚乙烯膜袋(15 cm×15 cm)将幼瓜套住,每个处理 20 个瓜,共 120 个,当果实表面斑点显现时统一进行田间调查和采样测试。

1.3 项目测定

1.3.1 叶绿素荧光参数的测定与计算 采集的甜瓜试材在实验室经过黑暗处理 20 min 后,利用成像荧光仪 MINI-IMAGING-PAM(WALZ, Germany)先在 $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的测量光(脉冲频率为 1 Hz)下诱导产生初始荧光 F_0 ,随后用 $4\,800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的饱和脉冲光(弛豫时间为 0.8 s)激发产生最大荧光 F_m 。当荧光从 F_m 降到至 F_0 水平时,再打开 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光化光诱导荧光动力学曲线的产生,并每隔 20 s 打开饱和脉冲光进行光下最大荧光 F_m' 和实际荧光 F 的测定,最后再计算光系统 II 的最大光化学效率 F_v/F_m ,实际光化学效率 $Y(\text{II})$,调节性能量耗散效率 $Y(\text{NPQ})$ 和非调节性能量耗散

效率 $Y(\text{NO})$ 等叶绿素荧光参数^[12]。

1.3.2 综合污染指数的计算 采用隶属函数法对有机氯农药喷施下甜瓜果实表面污染状况进行综合评价,隶属函数值 $X(j)$ 采用模糊数学法进行计算,即 $X(j) = (X_j - X_{j,\min}) / (X_{j,\max} - X_{j,\min})$; 当叶绿素荧光参数与甜瓜果实表面农药污染水平呈负相关时,采用反隶属函数值计算公式 $X(j) = 1 - (X_j - X_{j,\min}) / (X_{j,\max} - X_{j,\min})$, 式中, X_j 表示甜瓜果实表面第 j 个叶绿素荧光参数的测定值, $X_{j,\min}$ 和 $X_{j,\max}$ 表示甜瓜果实表面第 j 个叶绿素荧光参数的最小值和最大值。最后获得每个处理下各叶绿素荧光参数隶属函数值总和,即综合污染指数(comprehensive pollution index, CPI)。

2 结果与分析

2.1 喷施有机氯农药后甜瓜果实的污染症状

田间调查发现,从喷施有机氯农药后的第 7 天开始,甜瓜果实表面便呈现出较为明显的污染症状,污染率均达到 100%,且污染症状及程度也因有机氯农药种类的不同而异(图 1),其中喷施腐霉利(FML)杀菌剂后的甜瓜果实表面产生的污染斑点呈现深绿色、稀疏、微凸和非均匀分布特点(图 1B),而喷施高效氯氟氰菊酯(LJZ)杀虫剂后的甜瓜果实表面产生的污染斑点则呈现浅褐色、密集、连片和无凹凸感分布特点(图 1C)。

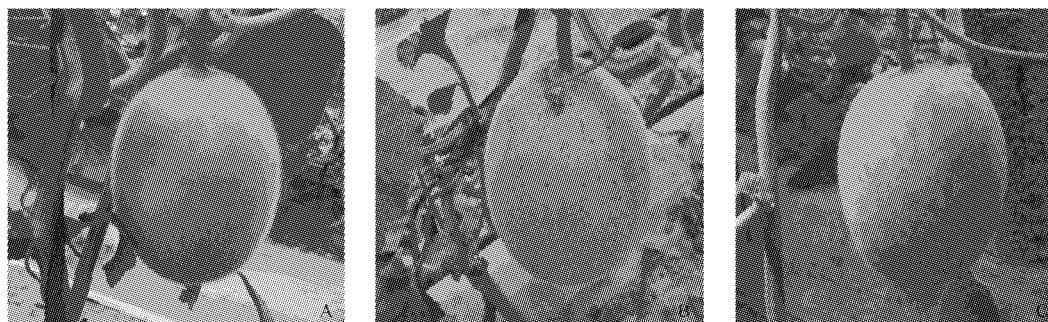


图 1 喷施有机氯农药后甜瓜果实的污染症状(A,对照;B,腐霉利;C,高效氯氟氰菊酯)

Fig. 1 Pollution symptoms of muskmelon fruit after spraying organo-chlorine pesticide (A,CK;B,FML;C,LJZ)

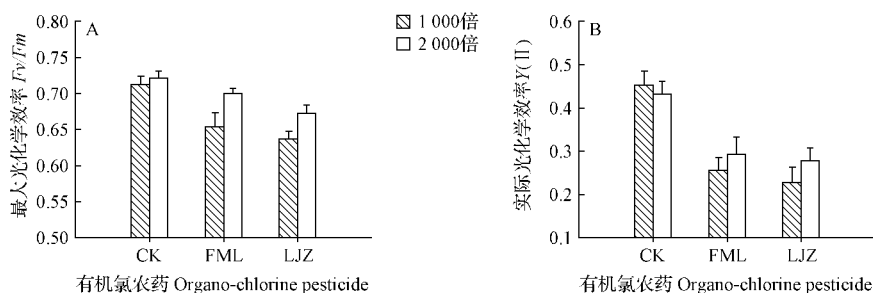
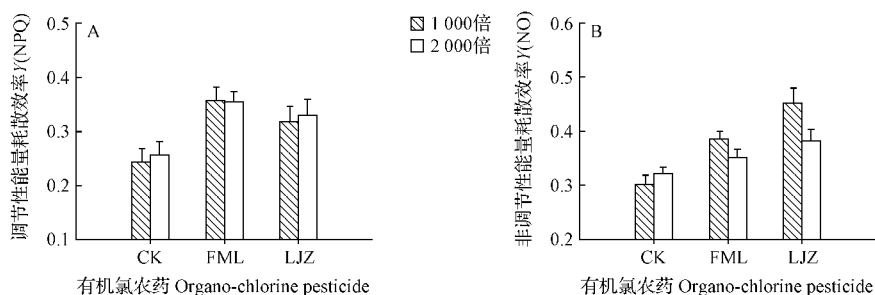
2.2 有机氯农药对甜瓜果实光化学效率的影响

与对照(CK)相比,喷施有机氯农药显著降低了甜瓜果实的光化学效率,尤其是对实际光化学效率 $Y(\text{II})$ 的降幅>最大光化学效率 F_v/F_m 的降幅(图 2),表明有机氯农药对甜瓜果实碳吸收动力学活性的抑制或破坏效应明显强于对原初光化学反应能力的影响。此外,无论是对于 F_v/F_m (图 2A)还是 $Y(\text{II})$ (图 2B)而言,高效氯氟氰菊酯(LJZ)的降幅效应>腐霉利(FML)的降幅效应,且 1 000 倍液的降幅

效应>2 000 倍液的降幅效应,表明高效氯氟氰菊酯(LJZ)对甜瓜果实正常的光化学效率破坏作用强于腐霉利(FML)的,且这种破坏作用随着喷施浓度的增大而增强。

2.3 有机氯农药对甜瓜果实能量耗散效率的影响

由图 3 可以看出,与对照(CK)相比,喷施有机氯农药显著提高了甜瓜果实的能量耗散效率,其中对调节性能量耗散效率 $Y(\text{NPQ})$ 的提升幅度为腐霉利(FML)>高效氯氟氰菊酯(LJZ),且 1 000 倍液和

图2 有机氯农药对甜瓜果实最大光化学效率 F_v/F_m (A)和实际光化学效率 $Y(II)$ (B)的影响Fig. 2 Effect of organo-chlorine pesticide on maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m ,A) and effective quantum yield of PSII ($Y(II)$,B) in muskmelon fruit图3 有机氯农药对甜瓜果实调节性能量耗散效率 $Y(NPQ)$ (A)和非调节性能量耗散效率 $Y(NO)$ (B)的影响Fig. 3 Effect of organo-chlorine pesticide on quantum yield of regulatory energy dissipation ($Y(NPQ)$,A) and quantum yield of non-regulatory energy dissipation ($Y(NO)$,B) in muskmelon fruit

2 000 倍液间的差异不显著(图 3A);但是对于非调节性能量耗散效率 $Y(NO)$ 而言,则呈现高效氯氟氰菊酯(LJZ)>腐霉利(FML)的变化趋势,且 1 000 倍液的增加幅度大于 2 000 倍液的(图 3B)。综上所述,喷施腐霉利(FML)杀菌剂后,甜瓜果实可以通过启动调节性的能量耗散机制来保护光合机构的正常运转,减轻所受的污染危害;而喷施高效氯氟氰菊酯(LJZ)杀虫剂后,甜瓜果实则必须通过启动非调节性的能量耗散机制来缓解光合机构所受的污染损伤,特别是对高浓度下的污染损伤。

表 1 有机氯农药喷施下甜瓜果实表面叶绿素荧光参数的隶属函数值

Table 1 Subordinate function values of chlorophyll fluorescence parameter on fruit surface of muskmelon

处理 Treatment		隶属函数值 Subordinate value				综合污染指数 CPI
		F_v/F_m	$Y(II)$	$Y(NPQ)$	$Y(NO)$	
CK	1 000 倍	0.083	0.071	0.067	0.052	0.273
	2 000 倍	0.076	0.076	0.051	0.079	0.282
FML	1 000 倍	0.196	0.847	0.577	0.669	2.289
	2 000 倍	0.137	0.662	0.413	0.538	1.750
LJZ	1 000 倍	0.314	0.913	0.621	0.775	2.623
	2 000 倍	0.223	0.792	0.454	0.513	1.982

3 讨论

一般来说,喷施常规浓度或加倍浓度的杀虫剂和/或杀菌剂不会对植物组织(如叶片)产生药害。但是,幼嫩组织部位(如新叶、幼果)则对视为安全施

2.4 喷施有机氯农药后甜瓜果实污染状况的综合评价

由表 1 可知,与对照(CK)相比,喷施有机氯农药显著提高了甜瓜果实各叶绿素荧光参数的隶属函数值,且提升幅度随着喷施浓度的增大而增加,其中喷施 1 000 倍液的高效氯氟氰菊酯(LJZ)后甜瓜果实叶绿素荧光参数的隶属函数值增幅最大,综合污染指数 CPI 高达 2.623,分别为喷施相同浓度腐霉利(FML)和对照(CK)的 1.15 倍和 9.61 倍(表 1)。综合来看,高效氯氟氰菊酯(LJZ)污染甜瓜果实的能力强于腐霉利(FML)的,尤其高浓度下的污染效应更强。

用剂量的常规浓度或加倍浓度的农药响应十分敏感^[13-14],若再与高温、强光、干旱等环境胁迫因子相叠加,这些组织常常会出现更加明显的斑点、斑块、萎蔫和坏死等药害症状^[5,15]。

该试验对开花后第8天(数据未列出)和第15天的甜瓜幼果喷施有机氯农药发现,甜瓜果实在喷药后第7天便开始产生药害污染症状(图1),这主要与喷施时期、喷施浓度、农药种类、是否加入助剂密切相关,整体表现为开花后第15天喷施含有有机助剂的1 000倍高效氯氟氰菊酯的药害污染症状最明显。

对于植物组织受农药污染或毒害的机理而言,已有研究开始通过对叶绿素荧光动力学参数的测定,从光系统电子传递活性和能流分配方面进行了相关阐述,明确了除草剂类农药(敌草隆和阿特拉津)作用的目标靶位,即阻断叶片光系统PSII中电子从 Q_A 向 Q_B 的传递^[6],这与有机磷杀虫剂(氧化乐果)的作用目标靶位相一致,但是作用机理恰好相反^[16]。此外,链霉素杀菌剂能够降低流向光化学反应的能量,增加非光化学猝灭耗散效率,加剧植物叶片光系统间能流分配的不平衡性^[10]。

该试验通过对喷施有机氯农药后的甜瓜果实叶绿素荧光动力学参数测定发现,有机氯农药对PSII动力学活性的影响呈现出多位点污染毒害特征,不仅降低了PSII初级光化学电子传递活性(图2A),还降低了碳吸收动力学活性(图2B),更为重要的是增加了光能过量耗散(图3),引起PSII乃至整个光合机构的光抑制(或光致热抑制)甚至光损伤,间接导致甜瓜果实表面组织的热灼伤斑点发生(图1)。

由此同时,该试验又采用模糊数学的隶属函数法对测定的叶绿素荧光参数进行转化求和,综合评价了甜瓜果实受有机氯农药污染的程度,结果发现高效氯氟氰菊酯(LJZ)污染甜瓜果实的能力强于腐霉利(FML)的,尤其高浓度下的污染效应更强(表1)。因此,在设施甜瓜栽培过程中,无论是单一还是复配喷施高效氯氟氰菊酯杀虫剂时,要尽量降低施用浓度,且不能在果实膨大初期施用,避免果实受药害污染,降低成熟时的商品性和安全性。

参考文献

[1] 潜宗伟,唐晓伟,吴震.甜瓜不同品种类型芳香物质和营养品质的比较分析[J].中国农学通报,2009,25(12):165-171.

[2] 黄远,王伟娟,汪力威,等.调亏灌溉对塑料大棚甜瓜光合特性果实产量和品质的影响[J].华中农业大学学报,2016,35(1):31-35.

[3] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等.不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):760-766.

[4] 王艳艳,焦自高,于贤昌.套袋对厚皮甜瓜品质的影响[J].中国蔬菜,2009(16):61-64.

[5] 李惠.甜瓜果面斑点的发生与套袋防控效应的研究[D].保定:河北农业大学,2014.

[6] STRASSER R J, TSIMILLI-MICHAEL M, SRIVASTAVA A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient[M]//Papageorgiou G, Govindjee, eds. Series: Advance in photosynthesis and respiration Vol. 19. chlorophyll fluorescence: A signature of photosynthesis. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004: 321-362.

[7] BRACK W, FRANK, H. Chlorophyll a fluorescence: A tool for the investigation of toxic effects in the photosynthetic apparatus[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1998, 40: 34-41.

[8] JOSHI M K, MOHANTY P. Chlorophyll a fluorescence as a probe of heavy metal ion toxicity in plants[M]//Papageorgiou G C, Govindjee, eds. Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. The Netherlands: Springer, 2004: 637-661.

[9] ESCHER B I, QUAYLE P, MULLER R, et al. Passive sampling of herbicides combined with effect analysis in algae using a novel high-throughput phytotoxicity assay (Maxi-Imaging-PAM) [J]. Journal of Environmental Monitoring, 2006(8): 456-464.

[10] 姜闯道,高辉远,邹琦,等.链霉素处理对玉米叶片叶绿素荧光参数和叶黄素脱环氧化水平的影响[J].植物生理与分子生物学报, 2003, 29(3): 221-226.

[11] CHALIFOUR A, SPEAR P A, BOILY M H, et al. Assessment of toxic effects of pesticide extracts on different green algal species by using chlorophyll a fluorescence[J]. Toxicological and Environmental Chemistry, 2009, 91(7): 1315-1329.

[12] 王梅,高志奎,薛占军.套袋对番茄果实表面光系统II光能吸收利用的影响[J].应用生态学报,2010,21(9):2329-2334.

[13] 段喜涵,高小莹,刘希望.苹果幼果期慎用复配药剂[J].西北园艺,2014(12):38.

[14] 吴降星,王汉荣,茹水江,等.主要农药对黄瓜的药害研究[J].浙江农业科学,2007(3):336-338.

[15] 王学梅,崔静英,于蓉.不同化学农药处理对甜瓜商品性的影响[J].北方园艺,2012(10):57-59.

[16] 李玮娟,高志奎,王梅,等.氧化乐果对不结球白菜光系统II的毒理效应[J].应用生态学报,2008,19(10):2317-2321.

Effect of Organo-chlorine Pesticides on Pollution Characteristic and Chlorophyll a Fluorescence of Muskmelon Fruit Surface

XUE Zhanjun, LI Hui, GAO Zhikui

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: The 1 000 and 2 000 times dilution of fungicides (procymidone, FML) and insecticides (lambda-cyhalothrin, LJZ) of organo-chlorine pesticides were alone applied to spray young muskmelon fruits of

DOI:10.11937/bfyy.201707005

甜瓜种子萌发期芽苗性状的变异性及主成分和聚类分析

高玉红¹, 张艳丽¹, 邓黎黎¹, 闫生辉¹, 赵卫星²

(1. 郑州职业技术学院, 河南 郑州 450121; 2. 河南省农业科学院 园艺研究所, 河南 郑州 450002)

摘要:以国内收集到的 15 份主栽品种为试材, 统计了种子萌发期 10 个芽苗性状的变异性, 并对其进行了主成分和聚类分析, 以为不同甜瓜产区优良品种的早期筛选及进一步遗传改良提供参考依据。结果表明: 芽长、主胚根长、种子根数、总鲜质量、根芽干质量、总干质量、干物质含量、根系活力等 8 个性状的变异系数较大, 为 18.53%~35.98%; 利用主成分分析将 10 个性状指标可转化为 3 个主成分, 其累积贡献率达 81.45%, 通过主成分综合分值排序结果显示, Var 2、Var 5、Var 7、Var 6、Var 3 等品种占据前 5 位。以主成分中主要因子为指标进行聚类分析, 可将 15 份甜瓜品种分为 4 类, 各类间芽苗性状有较大差异。因此, 从种子萌发期芽苗性状的角度考虑, 8 个变异较大的芽苗性状指标是今后品种改良的重点, 排在 5 位的品种在实际生产中可优选。

关键词:甜瓜; 芽苗性状; 变异性; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号:S 651.604⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)07-0022-05

我国甜瓜栽培面积和总产量均居世界首位, 据统计, 2014 年全国甜瓜播种面积 43.89 万 hm^2 , 总产

第一作者简介:高玉红(1979-), 女, 河南尉氏人, 硕士, 副教授, 现主要从事作物生物技术教学与研究等工作。E-mail: gaoyuhong2008@163.com.

责任作者:赵卫星(1978-), 男, 河南上蔡人, 博士, 副研究员, 现主要从事西甜瓜育种及栽培生理等研究工作。E-mail: wxzhao2008@163.com.

基金项目:河南省农业科学院科研发展专项资助项目(20157814)。

收稿日期:2016-12-05

量 1 475.80 万 $\text{t}^{[1]}$ 。近年来, 随我国甜瓜生产的迅速发展, 品种呈现多样化, 对于种植区域优良品种的选择及新品种的改良提出很大挑战。因此, 了解现有品种主要农艺性状变异性, 并根据影响品种的主成分因子对其聚类具有重要意义。

作物种子萌发期是植株生长发育的重要阶段, 极易受到外界不良影响的影响, 以致阻碍后期植株的营养生长和生殖生长。很多学者开展了不同作物萌发期芽苗性状对逆境胁迫响应的研究, 并筛选出重要的抗逆性指标^[2-5]。因此, 芽苗的表现性状在一定程度上可反映作物的品种特性和遗传背景。目

‘Jiuruihong’ at the 15th day after flowering, respectively. The chlorophyll fluorescence parameters were measured by Mini-Imaging-Pam to analysis and evaluate the pollution effects of organo-chlorine pesticides. The results showed that, compared with the control (water plus additives, CK), pollution symptom characterized by scatter and non-uniform spots distribution was observed on muskmelon fruit surface at the 7th day after spraying pesticides. Not only had the primary photochemical apparatus been destroyed, but also dynamic activity of carbon absorption had been reduced. Moreover, the excess energy dissipation produced by increase of Y(NPQ) and Y(NO) could cause photoinhibition or damage of PSII and/or entire photosynthetic apparatus, led to the generation of thermal burning spots on muskmelon fruit surface. The comprehensive pollution index (CPI) calculated by using subordinative fuzzy function was used to evaluate pollution level of different organo-chlorine pesticides on muskmelon fruits. The greater pollution level was recorded in LZJ than FML, and the higher concentration related to LZJ practices attributed to severe pollution level.

Keywords: muskmelon; organo-chlorine pesticides; comprehensive pollution index; chlorophyll fluorescence