

저장기간 및 저장온도에 따른 미생물농약 및 친환경 유기농자재 유효미생물의 밀도변동

김용기* · 홍성준 · 지형진 · 심창기 · 박종호 · 한은정 · 안난희 · 이승돈¹ · 유재홍²

국립농업과학원 농산물안전성부 유기농업과, ¹농촌진흥청 연구정책국 연구운영과,

²국립농업과학원 농업생물부 농업미생물팀

(2011년 2월 9일 접수, 2011년 2월 28일 수리)

Population Dynamics of Effective Microorganisms in Microbial Pesticides and Environmental-friendly Organic Materials According to Storing Period and Temperature

Yong-Ki Kim*, Sung-Jun Hong, Hyung-Jin Jee, Chang-Kee Shim, Jong-Ho Park, Eun-Jung Han, Nan-Hee An, Seong-Don Lee¹ and Jae-Hong Yoo²

Organic Agriculture Div., Department of Agro-Food Safety, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea, ¹Research Coordination Division, Research Policy Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea, ²Agricultural Microbiology Team, Department of Agricultural Biology, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

Abstract

To work out quality control methods of environmental-friendly organic materials (EFOMs), the reason and basis for EFOM-selection and farmer's favorite formulation type of EFOMs, etc were investigated on farmers who had been practicing environmental-friendly agriculture. EFOMs used were soil amendments, control agents of plant diseases and insect pests, plant growth promotion formulations, in turns. In EFOMs application time, 22.7% of farmers sprayed EFOMs without delay after they were bought, in other hand, 77.3% of farmers used EFOMs which had been bought and stored for some period. Microbial density on seventeen environmental-friendly microbial formulates (EFMFs) including microbial pesticides, a microbial fertilizer, and environmental-friendly organic materials was investigated at different storing temperature and shelf life. When the microbial density of EFMFs was investigated without delay after they were bought, all used microbial pesticides and a microbial fertilizer was confirmed to be optimal for the certified density but two of environmental-friendly organic materials was confirmed not to be optimal. When microbial density of 17 EFMFs were investigated after storing them for six months at 4°C, only one of 9 microbial pesticides was confirmed not to be optimal, the other hand four of seven environmental-friendly organic materials not to be optimal, which each of their microbial density was less than the certified density. Population dynamics of microbial agents was much more influenced in fluctuated temperature (room temperature) than in static temperature condition (5°C and 25°C). Shelf life of microbial agents according to microbial formulation type were high in granule type, liquid wetttable type and liquid type in turns.

Key words Environmental-friendly organic materials, Microbial pesticide, Population dynamics, Storage

*연락처 : Tel. +82-31-290-0554, Fax. +82-31-290-0507

E-mail: yongki@rda.go.kr

서론

최근 친환경농업 육성정책 및 지자체 보조사업에 힘입어 친환경농자재 산업이 급속도로 성장하고 있고, 아울러 친환경농자재 사용량 역시 급속도로 증가되고 있다. 친환경농자재는 관리체계에 따라 미생물농약과 친환경유기농자재로 구분하기도 하고, 사용목적에 따라 병해관리용 자재, 충해관리용 자재 및 작물병해충 관리용 자재로 구분하기도 한다. 병해충 방제 및 생육촉진을 위하여 사용되는 다양한 미생물이 효과적으로 활용되기 위해서는 저장 및 유통 친환경농자재내 유효미생물이 일정한 수준으로 유지되어야 한다. 미생물농약 제제에 사용되는 미생물로는 *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* 등 *Bacillus* 속 세균, *Streptomyces* 속 방선균, *Ampelomyces* 속 진균 등이 알려져 있고, 친환경유기농자재의 미생물은 그 종류가 다양하고 제제에 따라서는 여러 가지 미생물이 혼용되기도 한다. 미생물제제의 유효미생물 밀도는 종 및 제형에 따라 저장 및 유통 중에 영향을 받는다. 농자재 제품이 제대로 효과를 발현하기 위해서는 유효미생물이 일정기간 생존이 가능한 제형개발, 적절한 저장온도 및 저장기간 설정 등이 농자재의 품질관리에 있어서 매우 중요하다. 농자재 제형 중 유효미생물의 저장성을 향상시키기 위하여 영양원을 첨가해주시기도 하고, 환경을 조정하기도 하고 여러 가지 부재료 등을 첨가해주시기도 한다. 그 예로 lactose와 pyrophillite, talc, kaolinite (Dandurand 등, 1994), 갈락토오스나 말토오스(Mawdsley와 Burnst, 1994), 티아민(Proom과 Knight, 1955)과 같은 영양원을 첨가하기도 하고, pH와 습도를 조절하고 CaCO₃와 같은 영양원을 첨가해주시기도 한다(West 등, 1985; Acea 등, 1988, Yamada와 Ogiso, 1997). 친환경농자재 제품 제조시 첨가되는 화합물들은 유효미생물의 생존 및 증식을 위한 영양원이 되므로 적절한 기질을 선택하는 것도 매우 중요하다. 온도 또한 미생물의 효과발현을 위한 주요한 요인이 되므로 미생물 배양 및 저장 유통시 적절한 온도를 유지해 주기도 한다(Andersson와 Nilsson, 2001). Vandenhove 등(1991) 등에 따르면 *Pseudomonas fluorescens*를 이용하여 만든 제제를 5°C, 15°C, 25°C에서 저장하면서 일일감소요소값(Daily reduction factor value)을 조사한 결과 5°C와 15°C에 비하여 25°C에서 감소치가 월등함으로 보고한 바 있다. 미생물이 생존하고 증식하는데 있어서 온도와 습도는 매우 중요한 요인이 되며(Christ와 David, 1996; Seong 등, 1991), 제품 중 유효미생물이 오랫동안 일정한 밀도로 유지되기 위해서는 적절한 제형 개발이 매우 중요하다. 미생물제제는 제형(액상수화제, 수화제, 고형제 등) 및 함유 영양원에 따라 유효미생

물의 생존능력이 있어서 큰 차이를 보인다. Fravel 등(1985)은 알지네이트, 칼슘글루코네이트와 점토를 이용한 제제를 만들어 유효미생물의 밀도를 높이고 활력을 오랫동안 유지할 수 있도록 하였는데 실용화하지는 못하였다. Heijnen 등(1992)은 벤토나이트 점토를 이용한 제형화로 균근류의 생존이 월등이 개선됨으로 보고하였고, Macguire와 Shasha(1995)는 *Bacillus thuringiensis*를 전분 또는 전분과의 matrix로 제제화하여 잔류활성(residual activity)이 증가됨을 보고하였다. Chen과 Alexander(1973)는 미생물이 고농도의 염류가 포함된 배지에서 성장되었을 때 건조한 조건에 대한 내성이 발현되어 건조한 상태에서 오랫동안 생존이 가능함을 보고하였다. 또한 제제 중 유효미생물은 빛에 노출되었을 경우 자외선에 의해 영향을 많이 받는다. 최근 들어 USDA-ARS에서는 자외선을 흡수할 수 있는 feruloylated soy glyceride를 첨가하여 자외선에 강한 제형을 개발 중에 있다(Robert 등, 2011). 이상과 같이 미생물제제 중 유효미생물은 제형 및 환경조건에 따라 영향을 받는다.

본 연구는 시중에 유통되는 미생물농약과 친환경 유기농자재를 대상으로 저장조건(온도 및 기간) 및 제형별로 차이를 조사하여 효율적인 친환경 자재 관리를 위한 기초자료를 제공코자 수행하였다.

재료 및 방법

친환경농자재 유통관련 설문조사

유통 미생물농약 및 비료의 사용실태 및 유통 중에 발생하는 문제점을 파악하기 위하여 농자재 사용시기, 제형 등 미생물제제의 품질 보증과 관련된 사항 등을 친환경 농업 실천 농가를 대상으로 조사하였다.

친환경농자재(미생물제제)의 종류, 제형 및 기능성 미생물

저장 유통 중의 미생물의 안전성을 검토하기 위하여 시험에 공시한 미생물제제, 제형 및 보증 미생물은 Table 1과 Table 2와 같다. 공시한 미생물제제는 미생물농약 9종, 친환경농자재 8종을 공시하였다.

저장 온도 및 기간에 따른 제제 중 미생물 변동 조사

저장 유통 중 미생물제제의 보증 미생물의 밀도변화를 조사하기 위하여 미생물농약 9종과 미생물제제(토양미생물제, 미생물제, 친환경유기농자재_표시기준) 8종을 공시하여 저온

Table 1. Microbial pesticides and their functional microorganisms

Microbial pesticide	Formulation	Functional microorganism
MP-1	Liquid-form wettable powder	<i>Bacillus subtilis</i>
MP-2	Wettable powder	<i>Bacillus subtilis</i>
MP-3	Liquid	<i>Bacillus subtilis</i>
MP-4	Wettable powder	<i>Bacillus subtilis</i>
MP-5	Liquid-form wettable powder	<i>Paenibacillus polymyxa</i>
MP-6	Wettable powder	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>
MP-7	Liquid	<i>Beauveria bassiana</i>
MP-8	Liquid-form wettable powder	<i>Bacillus subtilis</i>
MP-9	Liquid-form wettable powder	<i>Bacillus pumilus</i>

Table 2. Environmental-friendly organic materials and functional microorganisms

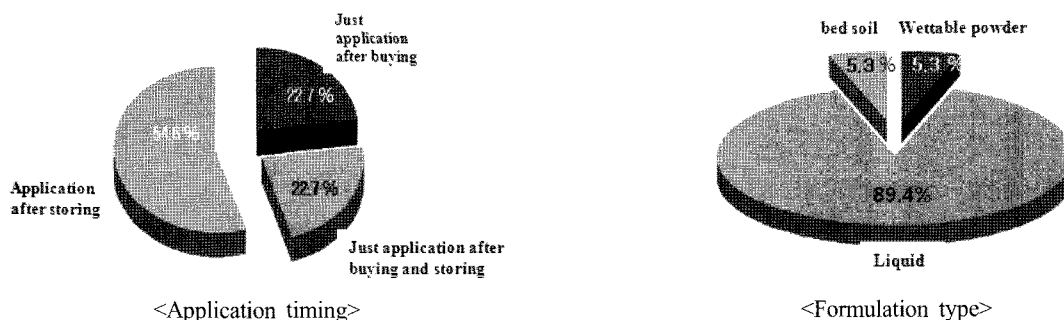
Microbial product	Formulation	Functional microorganisms
MP-E1	Liquid	<i>Bacillus vallismortis</i>
MP-E2	Solid	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Streptomyces carpinensis</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>
MP-E3	Granule	<i>Bacillus circinans</i>
MP-E4	Liquid	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas maltophilia</i>
MP-E5	Liquid	<i>Lactobacillus buchneri</i>
MP-E6	Liquid-wettable powder	<i>Bacillus thuringiensis</i> . subsp. <i>aizawii</i>
MP-E7	Granule	<i>Bacillus</i> spp., <i>Rhodopseudomonas</i> sp., <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
MP-E8	Wettable powder	<i>Bacillus subtilis</i>

(5°C), 25°C 및 실온에 보관하면서 구입 직후와 6개월 후에 보증미생물수를 계수하였다. 미생물제제 중 곰팡이는 감자한천배지(PDA), 방선균은 방선균선택배지(*Actinomyces* isolation agar, Difco) 그리고 세균은 Tryptic soy agar를 사용하여 배지 상에 형성되는 균총수를 계수하였다. 미생물제제 MP-1, MP-2, MP-3 및 MP-4는 10^6 및 10^8 으로 희석하여 평판배양하였고, MP-4, MP-5, MP-7 및 MP-8는 10^5 및 10^7 으로 희석하여 25°C 배양기에 2일간 평판배양한 후 균체수를 조사하였다.

결과 및 고찰

친환경농자재 관련 설문조사

친환경농자재의 품질관리와 관련하여 친환경 실천 농가를 대상으로 조사한 결과 친환경농자재 사용시기는 구입즉시 사용하는 농가는 22.7%인 반면 보관하면서 사용하는 농가가 77.3%로 대부분의 농가가 미생물제제를 구입 후 보관하면서 사용하는 것으로 나타나 미생물제제의 품질관리를 위하여 적정 보관방법 마련이 필요한 것으로 사료되었다(Fig. 1). 농가

**Fig. 1.** Farmer's favorite application timing and formulations of environmental-friendly agricultural materials.

에서 선호하는 미생물제의 제형은 사용이 간편한 액상제형인 것으로 나타났다(Fig. 1).

미생물제제 중 미생물 밀도 변화

시판 유통 중인 친환경제제 17종(미생물농약 9종, 친환경 유기농자재 8종)을 구입하여 구입즉시 제제 중 보증 미생물 농도를 희석평판법(佐藤昭二 등, 1991)으로 조사한 결과, 미생물농약은 등록되어 사용되는 제품 모두 미생물수가 법적보증범위안에 있는 반면(Table 3), 친환경유기농자재는 MP-E2 및 MP-E5의 보증 미생물의 수가 기준치 이하로 품질 관리측면에서 문제가 다소 있는 것으로 나타났다(Table 4).

시판 유통 중인 친환경제제 17종을 6개월간 온도별로 저장하면서 제제 중 보증 미생물의 수를 조사한 결과, 5°C에 저장할 때에는 미생물농약은 1종의 액상제형 미생물제만이 기준치 이하였으며, 친환경유기농자재는 8종 중 4종이 기준치 이하였다. 따라서 미생물농약은 5°C에 저장할 경우 비교적

안정적인 것으로 평가되었다. 25°C에 저장할 때에는 5°C 저장에 비해 미생물의 밀도는 다소 낮았으나 비슷한 경향이였다. 그러나 온도의 변화가 큰 실온에 저장할 때에는 미생물농약은 9종 중 4종, 친환경농자재는 7종 중 5종이 기준치 이하로 나타나 5°C나 25°C의 정온 조건에 보관할 때보다는 온도 변화가 심한 실온조건에 저장할 때 대부분의 미생물 제품이 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

제형별로 저장 중 보증 미생물의 균수를 비교 조사한 결과, 미생물농약의 경우 수화제 제형의 미생물제는 3종 모두 저장 온도에 상관없이 안정적인 것으로 나타난 반면, 액상제형(액상제, 액상수화제)은 6종 중 4종이 보증균수 이하로 나타나 수화제 제형에 비하여 액상제형의 미생물제가 저장 중 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 미생물제제의 저장온도에 따른 미생물의 변화는 5°C, 25°C, 실온 순으로 안정적이었으며, 제형에 따른 저장성은 입제, 액상수화제, 액상제 순으로 우수하였다.

세균을 비롯한 대부분의 미생물의 생존 및 생물활성은 온

Table 3. Microbial density of microbial agents in microbial pesticides investigated without delay after they were bought

Microbial pesticide	Formulation	Microbial density (10 ⁶ cfu/g)					B/A
		Certified value (A)	Observed value (B)				
			I	II	III	Average	
MP-1	L/WP	1,000	6,900	5,300	6,300	6,170	6.2
MP-2	WP	1,000	19,900	19,400	19,700	19,670	19.7
MP-3	Lq	50	198	219	202	260.3	4.1
MP-4	WP	0.1	12	11	15	12	120
MP-5	L/WP	0.5	44	64	34	47	94
MP-6	WP	100	1,230	880	950	1,020	10.2
MP-7	Lq	1.0	0.3	1.8	1.0	1.0	1.0
MP-8	L/WP	10	300	277	157	245	24.5
MP-9	L/WP	1,000	2,800	3,500	2,700	3,000	3.0

Table 4. Microbial density of microbial agents in environmental-friendly organic materials investigated without delay after they were bought

Microbial product	Formulation	Microbial density (10 ⁶ cfu/g)					B/A
		Certified value (A)	Observed value (B)				
			I	II	III	Average	
MP-E1	Lq	50	1560	1360	1610	1510	30.2
MP-E2	Solid	49	25	22	20	22.3	0.5
MP-E3	GR	7.5	25	37	27	29.6	3.9
MP-E4	Lq	0.2	29	30	24	28	280
MP-E5	Lq	0.036	0.027	0.025	0.023	0.025	0.7
MP-E6	L/WP	10	70	74	65	70	7.0
MP-E7	GR	2.0	20.8	16.6	18.9	18.8	9.4
MP-E8	WP	1.0	16	18	27	20.3	20.3

Table 5. Population dynamics of microbial agents in microbial pesticides stored at different storage temperature for 6 months

Microbial pesticide	Formulation	Microbial density (10^6 cfu/g)						B/A	
		Certified (A)	Observed (B)			5°C	25°C	RT	
			5°C	25°C	RT ^{b)}				
MP-1	L/WP	1,000	6,900	5,150	14,930	6.9	5.2	14.9	
MP-2	WP	1,000	NC ^{a)}	33,400	30,150	NC	33.4	30.1	
MP-3	Lq	50	170	83	20	3.4	1.6	0.4	
MP-4	WP	0.1	42	17	28	420	170	280	
MP-5	L/WP	0.5	35	22	23	70	44	46	
MP-6	WP	100	349	350	311	3.5	3.5	3.1	
MP-7	Lq	1.0	0	0	0	0	0	0	
MP-8	L/WP	10	62	15	8	6.2	1.5	0.8	
MP-9	L/WP	1,000	1,947	1,048	768	1.9	1.0	0.8	

a) NC : Not countable, b) RT: Room temperature.

Table 6. Population dynamics of microbial agents in environmental-friendly organic materials stored at different storage temperature for 6 months

Microbial product	Formulation	Microbial density (10^6 cfu/g)						B/A	
		Certified (A)	Observed (B)			5°C	25°C	RT	
			5°C	25°C	RT				
MP-E1	Lq	50	34	26	13	0.6	0.5	0.2	
MP-E2	Solid	49	17	15	8	0.3	0.3	0.2	
MP-E3	GR	7.5	1.4	1.0	0.6	0.2	0.1	0.1	
MP-E4	Lq	0.2	48	18	2	240	36	10	
MP-E5	Lq	0.036	0.004	0.002	0.0003	0.1	0.05	0.001	
MP-E6	L/WP	10	169	38	6	16.9	3.8	0.6	
MP-E7	GR	2.0	25	37	49	12.5	18.5	24.5	
MP-E8	WP	1.0	20	18	20	20	18	20	

도에 의해 큰 영향을 받는다(Andersson and Ingvar Nilsson, 2001; Sutherland, Bayliss and Roberts, 1994). 일반적으로 세균저장은 저온 저장을 원칙으로 하나 세균에 따라서는 고온에 저장할 경우 영향을 적게 받는 경우도 있다(火田中孝晴, 1987). Cassidy 등(1997)에 따르면 캡슐화된 *Pseudomonas aeruginosa*는 4°C에 저장할 경우 4년 이상 생존이 가능한 것으로 나타나 저온저장은 미생물의 활성유지에 매우 주요한 요인인 것으로 나타났다. Mawdsley 등(1994)은 탄소원과 더불어 습도가 미생물의 생존에 영향을 주는 것으로 보고하였는데, 이는 유용미생물을 제제화할 때 액제, 액상제, 수화제 등 제형을 결정하는 중요한 요인이 될 수 있음을 나타낸다 하겠다. Acca와 Alexander(1988)도 탄소원 첨가가 세균의 생장 및 생존에 영향을 있음을 보고한 있다. West 등(1985)도 pH, 습도, 영양이용성 및 토착미생물 중 *Bacillus* 속 세균의 생존에 가장 크게 영향을 주는 요인은 영양이용성인 것으로 보고하였

다. Seong 등(1991)은 세균의 종류에 따라 온도별 생장, 생존 및 근권 정착에 있어 차이가 있음을 보고하였다. Dandurand 등(1994)은 제제화에 사용되는 부제(montmorillonite, zeolite 및 vermiculite)의 입자크기가 작을수록 세균의 생존에 유리하다고 보고한 바, 수화제 형태의 미생물농약을 제조할 때 사용되는 부제의 입자크기를 미세하게 하면 미생물농약 중 미생물의 생존력을 향상시켜 농약의 약효에 있어서 유리할 것으로 사료된다. 미생물제 중 유효미생물은 저장온도 및 기간에 따라 영향을 크게 받는 것으로 나타나 저장조건이 불량할 경우 미생물제의 활성에 있어서 현저한 저하가 우려되므로 미생물 활성에 미치는 영향을 고려하여 저장온도 및 기간 등을 검토할 필요가 있다고 판단된다. 결론적으로 미생물농약 중 유효 미생물의 생존력을 장기간 유지시키기 위해서는 가능한 한 저온에서 저장하고 유효 미생물의 생존에 유리하도록 제제화하며 적절한 영양원을 첨가해줄 필요가 있다 하겠다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Acea, M. J. and M. Alexander (1988) Growth and survival of bacteria introduced into carbon-amended soil. *Soil Biol. Biochem.* 20:703~709.
- Andersson, S. and I. Nilsson (2001) Influence of pH and temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a mor humus. *Soil Biol. and Biochem.* 33:1181~1191.
- Cassidy, M. B., H. Lee and J. T. Trevors (1997) Survival and activity of lac-lux marked *Pseudomonas aeruginosa* UG2Lr cells encapsulated in k-carrageenan over four years at 4°C. *Journal of Microbiological Methods* 30:167~170.
- Chen, M. and M. Alexander (1973) Survival of soil bacteria during prolonged desiccation. *Soil Biol. Biochem.* 5:213~221.
- Christ, M. J. and M. B. David (1996) Temperature and moisture effects on the production of dissolved organic carbon in a spodosol. *Soil Biol. Biochem.* 28(9):1191~1196.
- Dandurand, L. M., M. J. Morra, M. H. Chaverra and C. S. Orser (1994) Survival of *Pseudomonas* spp. in air-dried mineral powders. *Soil Biol. Biochem.* 26:1423~1430.
- Fravel, D. R., J. J. Marois, R. D. Lumsden, and W. J. Connick (1985) Encapsulation of potential agents in an alginate-clay matrix. *Phytopathology* 75:774~777.
- Heijnen, C. E., C. H. Hok-A-Hin and J. A. Van Veen (1992) Improvements to the use of bentonite clay as a protective agent, increasing survival levels of bacteria introduced into soil. *Soil Biol. Biochem.* 24(6):533~538.
- Macguire, M. R. and B. S. Shasha (1995) Starch encapsulation of microbial pesticides. *Biorational Pest Control Agents* 17:229~237.
- Mawdsley, J. L. and R. G. Burns (1994) Factors affecting the survival of a *Flavobacterium* species in non-planted and rhizosphere soil. *Soil Biol. Biochem.* 26:849~859.
- Proom, H. and B. C. J. G. (1955) The minimal nutritional requirements of some species in the Genus *Bacillus*. *J. Gen. Microbiol.* 13:474~480.
- Robert, B., B. Compton, K. James, S. I. David (2011) Production, stabilization, and formulation of microbial agents and natural products. USDA-ARS Crop Bioprotection Research.
- Seong, K. Y., M. Hofte, J. Boelens and W. Verstraete (1991) Growth, survival, and root colonization of plant growth beneficial *Pseudomonas fluorescens* ANP15 and *Pseudomonas aeruginosa* TNSK2 at different temperatures. *Soil Biol. Biochem.* 23:423~428.
- Vandenhove, H., R. Merckx, H. Wilmots and K. Vlassak (1991) Survival of *Pseudomonas fluorescens* inocula of different physiological stages in soil. *Soil Biol. Biochem.* 23(12): 1133~1142.
- West, A. W., H. D. Burges and T. J. Dixon (1985) Survival of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus* spore inocula in soil: effect of pH, moisture, nutrient availability and indigenous microorganisms. *Soil Biol. Biochem.* 17:657~665.
- Yamada, M. and M. Ogiso (1997) Study on the available substrates for antagonistic bacterial strains to control Fusarium wilt of tomato. in: Control of soil-borne diseases using antagonistic microorganisms. pp. 142~144.
- 佐藤昭二, 後藤正夫, 土居養二 (1991) 植物病理學實驗法. 230p. 講談社. 東京.
- 火田中孝晴 (1987) 微生物の長期保存法. 183p. 株式會社エリート印刷. 日本 ックバ.

저장기간 및 저장온도에 따른 미생물농약 및 친환경 유기농자재 유효미생물의 밀도변동

김용기* · 홍성준 · 지형진 · 심창기 · 박종호 · 한은정 · 안난희 · 이승돈¹ · 유재홍²국립농업과학원 농산물안전성부 유기농업과, ¹농촌진흥청 연구정책국 연구운영과, ²국립농업과학원 농업생물부 농업미생물팀

요약 친환경농자재의 품질관리와 관련하여 친환경 실천 농가를 대상으로 친환경농자재 선택사유, 사용방법, 선택기준, 선호 제형을 조사한 결과, 선택사유는 토양개량>병해충방제>생육촉진 순으로 나타났고, 사용방법은 구입즉시 사용하는 농가는 22.7%인 반면 보관하면서 사용하는 농가가 77.3%이었다. 시판 유통 중인 친환경제제 17종을 구입하여 구입 즉시 제제 중 미생물 농도를 조사한 결과, 친환경유기농자재(미생물제제, 토양미생물제, 친환경유기농자재) 2종은 보증 미생물 밀도가 기준치 이하로 품질 관리측면에서 문제가 있는 것으로 나타난 반면, 미생물농약으로 등록되어 사용되는 제품 중 미생물 밀도는 비교적 안정적이었다. 시판 유통 중인 친환경제제 17종을 6개월간 온도별로 저장하면서 제제 중 보증 미생물 농도를 조사한 결과, 4°C에 저장할 때에는 미생물농약은 1종의 액상제형 미생물제만이 기준치 이하였으며, 친환경유기농자재 8종 중 4종이 기준치 이하였다. 온도의 변화가 큰 실온에 저장할 때에는 친환경농자재는 7종 중 5종이, 미생물농약은 9종 중 4종이 기준치 이하로 나타나 4°C나 25°C의 정온 조건에 보관할 때보다는 온도가 변화되는 조건에 저장할 때 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 결론적으로 미생물제제의 저장온도에 따른 미생물의 변화는 저온(5°C) > 25°C(정온) > 변온(실온) 순으로 안정적이었다, 제형에 따른 저장성은 입제 > 액상수화제 > 액상제 순으로 우수하였다.

색인어 친환경유기농자재, 미생물농약, 미생물 밀도변동, 저장