

친환경 정밀농업을 위한 입제 변량살포기 개발 (II) - 송풍식 불형 분두 개발과 살포균등도 -

김영주 김학진 서민 이종용

Development of a Variable Rate Granule Applicator for Environment-Friendly Precision Agriculture (II) - Development of Pneumatic Fertilizer Blow Head and Its Application Uniformity -

Y. J. Kim H. J. Kim M. Seo J. Y. Rhee

Abstract

In this paper, a new type blow head was developed and pneumatic application system was evaluated. The blow head had one operating factor, inserting length of collecting plate, that was directly related to discharge rate and application pattern. To determine proper blow head arrangement and application height, a blow head set was tested. Three-way ANOVA was conducted to investigate relationships between CV value, the discharge rate and inserting length of collecting plate. The discharge rate and inserting length of collecting plate were statistically significant at $p=0.01$, affecting uniformity of application pattern. The best CV value among the application tests was 23.3% when the application rate and application height was 23.5 g/sec and 80 cm respectively. The worst CV value was 63.3% in 111.4 g/sec. Therefore, it is necessary to increase number of blow head in a section of the boom in improve application uniformity.

Keywords : Granule applicator, Application uniformity, Variable rate application, Precision agriculture, Blow head

1. 서론

변량시비는 정밀농업의 중요한 부분으로서, 이제까지 농촌에서는 인력살포와 원심식 살포기나 동력살분무기를 이용한 기계 시비를 수행하였기 때문에 본 연구에서 목표로 하는 다단계 변량시비를 하기 위해서는 우리 실정에 적합한 변량살포기의 개발이 필요하다(Ryu 등, 2006)

입제 변량살포기는 크게 공기운반식 불형 살포기와 원심살포기로 구별되며 국내외 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

Jung 등(2006)은 이양기 부착형의 전자지도기반 이양동시

변량시비장치의 개발을 위한 연구를 수행하였다. 기존의 6조 축조시비기를 개량하여 PWM 방식의 변량 제어를 통해 살포량을 제어하였고 가변속도로 작업시 목표로 하는 살포량에 대해서 실제 살포율이 95~102% 범위로 나타나 높은 살포제어 정밀도를 얻었다고 보고하였다.

Molin 등(2002)은 살포폭과 입제살포비율을 다르게 하면서 원심식 살포기로 비료를 살포하여 균등성을 분석하였는데, 중첩 없이 살포폭은 각각 18 m, 21 m, 24 m로 하였고 살포비율은 50 kg/ha, 150 kg/ha, 250 kg/ha였다. 실험결과 변이계수는 10~15%의 분포를 보였다. 그러나 살포량을 제어하

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D promotion center (ARPC). This article paper was submitted for publication in September 2006, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2006. The authors are Young Joo Kim, Graduate Student, KSAM member, Seoul National University, Hak Jin Kim, Researcher, KSAM member, National Institute of Agricultural Engineering, Min Seo, Hyundai motor Co. and Joong Yong Rhee, Professor, KSAM member, Seoul National University, Vice director of Agriculture and Life Sciences Research Institute, Seoul Korea. Corresponding author: J. Y. Rhee, Professor, Department of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-921, Korea; E-mail: <jyr@snu.ac.kr>.

면서 살포할 때의 효과적인 살포폭은 24 m, 이때의 변이계수는 15%였다.

Fulton 등(2001)은 원심식 변량 비료살포기의 패턴에 관한 연구하였고 실제 균일살포를 위해 제작된 스피너형의 변량 비료살포기로 노지에서 테스트를 한 결과 여러 가지 불완전한 요소로 인하여 변이계수가 증가하는 것을 확인하였으며, 살포폭 16 m일 때 변이계수가 20.6~28.2%였으며 개선이 필요하다는 결론을 제시하였다.

Chung 등(1997)은 시비·방제 등 수도작 관리 작업의 효율 증대를 위해 기존 승용 이앙기 부착용 송풍식 입제살포기를 개발하였다. 송풍식 입제살포기의 배출부로 채택된 홈 롤러 배출장치의 입제 배출특성을 구명하여 살포요구량을 얻을 수 있는 홈 열림 정도와 롤러 회전속도를 결정하였다. 분두살포 패턴 실험결과를 바탕으로 분두의 형태와 크기, 붐의 배치간격, 살포높이 등 송풍식 입제살포기의 최적살포조건을 결정하였다. 그 결과 입제비료의 경우 분두 4조, 분두간격 1.0 m, 작업살포폭 4 m, 살포높이 0.8 m, 송풍속도 30~32 m/s의 조건으로 실험하였을 시 변이계수를 20.2% 얻었으며 비교적 균일한 살포로 평가하였다.

본 연구에서는 송풍식 입제 변량살포기의 핵심부인 공기이송 붐살포기에 적용할 분두를 개발하고 살포율의 변화에 크게 영향을 받지 않고 균등하게 살포할 수 있는 분두시스템을 개발하여 살포성능을 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 입제 변량살포기

입제 변량살포기는 승용관리기 후방에 부착하는 송풍식으로 설계되었으며 개략적인 구조는 그림 1과 같다. 입제 변량살포기는 원동기인 승용관리기(CFM1200, (주)아세아), 입제

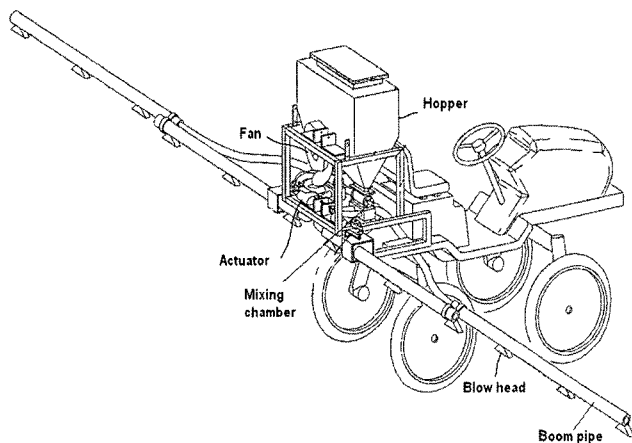


Fig. 1 Schematic view of prototype variable rate granule applicator.

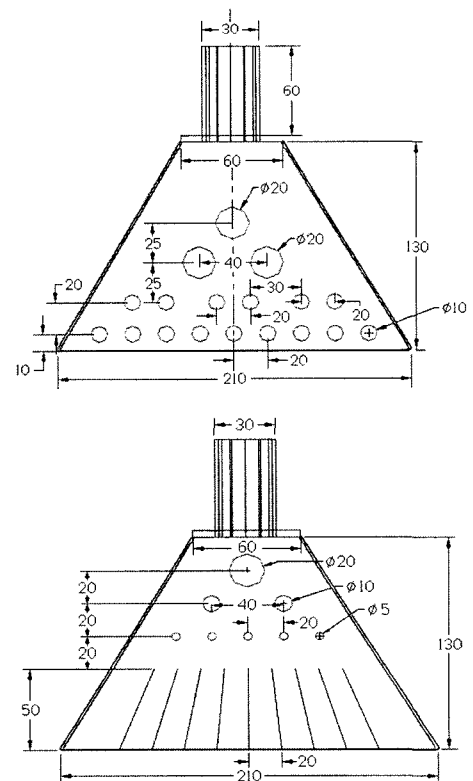
적재부와 배출부, 송풍기, 공기와 입제 비료 이송부, 이송부의 마지막에 장착된 분두로 구성된다. 살포장치 중 붐은 좌우로 나누어지고 살포의 균등도를 높이기 위해 각각을 이등분하여 4개의 구역으로 나누어진다.

비료의 시간당 살포율은 작업속도, 표준시비량, 분시율과 비료의 성분비율에 따라 결정된다. 논에 사용되는 지대 및 논 유형별 표준시비 기준은 염해지를 제외한 일반지역에서 10a 당 질소의 성분시비량을 분시율 50:25:25로 가정하여 기비 살포시 1N을 6 kg/10a로 정하였다. 또한 처방지도를 0.25N, 0.5N, 0.75N, 1N, 1.5N으로 구분하여 복합비료를 살포할 경우 시간당 살포율은 20.5 g/sec~204.5 g/sec 범위에서 결정된다. 입제 변량살포기의 자세한 내용은 제 1보(Ryu 등, 2006)에 보고되었다.

나. 분두의 형상 결정

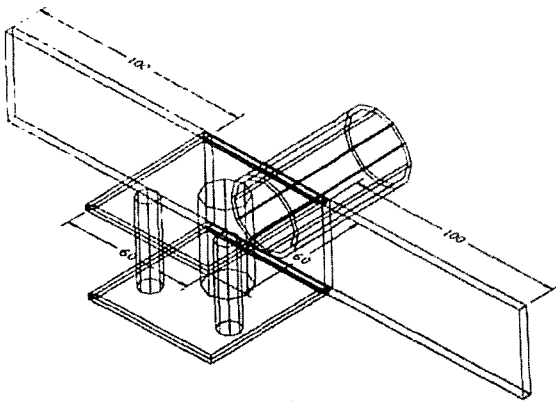
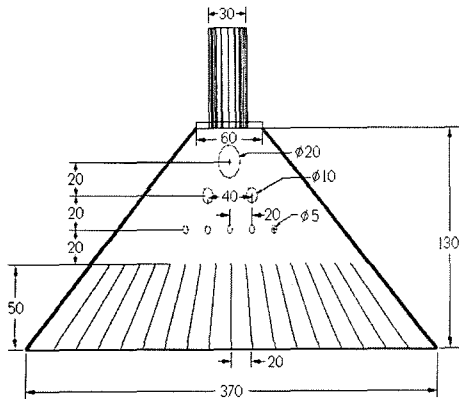
분두는 붐관에 장착되어 입제를 분산시키는 장치로써 균등한 살포형을 가진 분두의 이론적 설계는 매우 어렵다. 그림 2는 기존 연구에서 송풍식 입제 살포기에 사용되었던 몇 종류의 분두 형상들로서 본 연구에서 채택 여부를 검토한 예이다.

그림 2-(a)는 수도작용 송풍식 입제 살포기를 개발하기 위



(a) Various types of blow head of Chung et al. (1997)

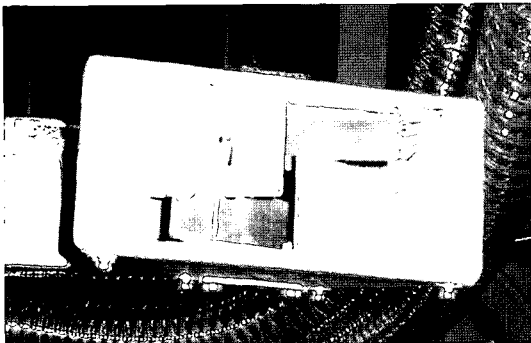
Fig. 2 Schematic of various blow heads reported in previous research.



(a) Various types of blow head of Chung et al. (1997)



(b) Blow head of ISEKI.



(c) Blow head of Iida et al. (2001)

Fig. 2 Schematic of various blow heads reported in previous research (continued).

해 제작한 분무 형상으로 분무 하나당 하나의 분지관이 수직으로 연결되어 송풍공기와 입제가 분무내로 공급되도록 하였다. 그림에서 보듯 3가지 형상의 4가지 모형의 분무를 제작하였는데, 마지막 분무 형상처럼 분무각이 180°이고 직경이 다른 층돌체를 분무 내에 설치하여 입제가 임의적인 방향성을 갖으며 살포되도록 제작한 것이 가장 균일한 살포가 된다고 보고하였다(Chung 등, 1997).

그림 2-(b)의 분무는 일본의 ISEKI사가 시판중인 송풍식 입제살포기(1HB-181LP)의 분무이다. 관 내부로 수집판을 삽입하여 그 길이를 조절할 수 있게 하였으며, 충돌된 입제비료가 포장으로 살포되도록 하였다. 이 입제살포기로 살포 균등도를 국산 복합비료로 살포 균등도를 예비 실험한 결과, 변이계수가 55%로 정밀농업용으로 사용하기에는 부적합할 것으로 판단되었다.

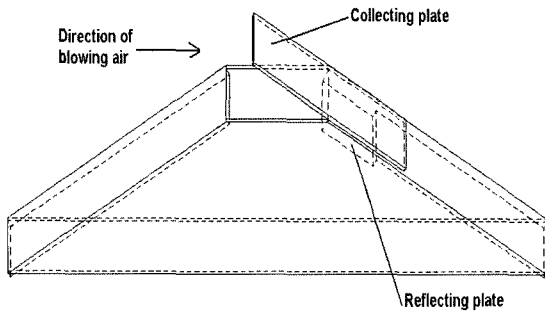
그림 2-(c)의 분무 유형은 Iida 등(2001)이 개발한 송풍식 입제살포기의 분무로써, 하나의 분지관에 두개의 분무가 부착하였고, 송풍공기에 의하여 이송된 입제가 분무 내에 격자로 설치된 수집판에 의하여 포장에 살포되는 형상이다. 그러나, 이 분무를 사용하여 실제 포장 실험을 하였을 때의 살포 균등도에 대해서는 밝히지 않았다. 이 분무의 제작은 용이하나 살포형을 두 개의 수집판을 이용하여 조절하기 어렵다고 판단되어 개선이 필요하였다.

본 연구에서는 기존 연구결과를 바탕으로 수평한 분판에 이송되는 입제 비료를 포장으로 살포하기 위해서는 그림 2-(c)와 같이 분무 내에 수집판과 반대의 방향으로 입제가 살포되기 위해서 반사판이 있는 형상으로 설계하여야 한다고 판단하였다.

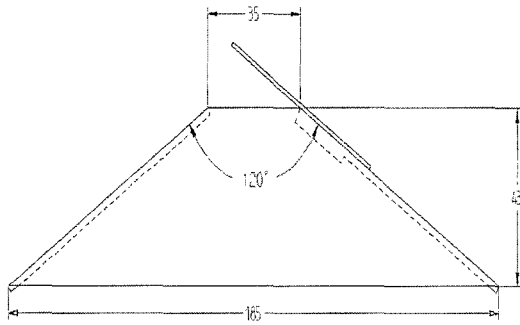
설계한 분무는 분판내에 이송되는 입제가 분무내로 안내될 수 있도록 폭 35 mm, 두께 0.6 mm의 수집판과 분무의 좌우로 살포되도록 반사판을 갖추었다. 수집판은 삽입길이를 조절하여 배출되는 입제 비료량을 조절하며 반사판은 모서리에 입제가 충돌하여 반대방향으로 이동하게 한 것이 기존의 분무와 다른 점이다. 분무의 살포각은 예비실험을 통하여 120°로 정하였다. 그림 3은 분무의 형상이며, 그림 4는 분무가 분판에 결합된 모습으로 마지막 분무는 그림4-(b)와 같이 결합되게 하였다.

다. 공시재료

공시 입제 비료는 상표명이 신세대(Shinsedea, N:P:K=22:12:12)와 슈퍼21(Super21, N:P:K=21:17:17)였다. 비료의 물성과 물성 측정방법은 Seo 등(2004)이 보고된 것과 동일하였다.

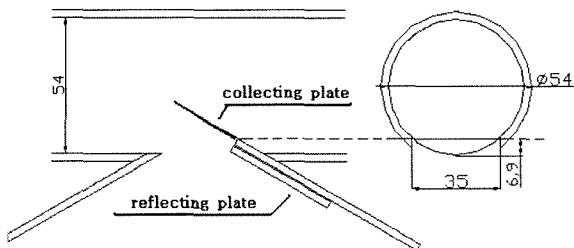


(a) Structure of a blow head.

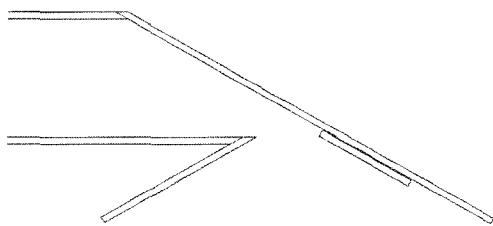


(b) Front view of a blow head (unit : mm)

Fig. 3 Blow head design for the prototype granule applicator (structure and dimension).



(a) First and second blow head (unit : mm)



(b) The last blow head

Fig. 4 Blow head assembled with pipe.

라. 입제 비료 살포시스템 구성 및 살포 균등도 실험

그림 5는 본 연구에서 구상한 공기 이송방식의 비료 살포 시스템의 공기흐름 순서도를 나타낸 것이다. 송풍기로부터 분지관을 지난 공기는 배출장치에서 입제 비료와 혼합되어 분관을 지나 최종적으로 분두를 통해 포장에 살포된다. 이 시스템이 원활하게 작동하고 원하는 살포 균등도를 얻으려면 충분

Table 1 Property of tested fertilizers

	Shinsidea (22-12-12)	Super21 (21-17-17)
Geometric mean length diameter (mm)	2.62	1.90
Standard deviation (GML)	1.27	1.39
Particle density (g/cm ³)	1.51	1.41
Bulk density (g/cm ³)	0.90	0.78

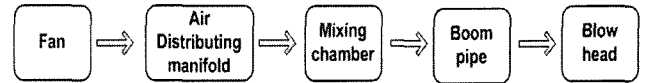


Fig. 5 Air flow in the pneumatic fertilizer application system.

한 용량의 송풍기가 필요하며 여러 개의 분두가 필요하다. 각각의 분두별로 분관의 길이와 분지관의 위치가 다르므로 송풍량과 정압이 다를 수밖에 없으므로 모든 분두를 개별적으로 조정하여 살포폭 전체에서 균등한 살포형을 얻기 힘들다.

본 연구에서는 살포폭을 좌우분으로 구분하고 각 분두 두 개의 구간으로 나누어 모두 4개의 구간을 설정하고 한 구간에 3개의 분두를 부착하여 균등한 살포형을 얻고자 하였다. 그림 6은 하나의 분섹션의 구성을 나타낸 것이다. 하나의 분섹션에서 바람이 불어오는 쪽의 첫 분두를 1번, 관의 마지막에 설치된 분두를 3번이라고 정하였다. 각 분두의 수직관 삽입길이 조합별 조건에서 살포높이는 80 cm로 하였고, 살포시간은 30초로써 3반복 실험하여 살포 균등도를 분석하였다.

표 2는 균등한 살포형을 얻기 위하여 실험에 사용한 수직관 삽입길이 조합을 나타낸 것이다. 비료의 시간당 살포량(배

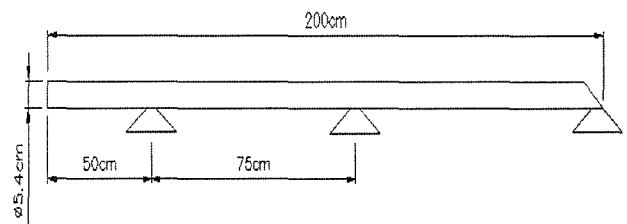


Fig. 6 Locations of blow heads in one boom section.

Table 2 Adjustment of inserting length of collecting plates of a blow head set

Type	No. of blow head	Inserting length of collecting plate (mm)	width (mm)
A	1	20	35
	2	30	
B	1	20	
	2	40	
C	1	30	
	2	40	
D	1	30	
	2	50	

출율)은 개념설계에서 분석된 20.5 g/sec~204.5 g/sec의 범위 중에서 23.5 g/sec, 47 g/sec, 70.5 g/sec, 100.8 g/sec, 111.4 g/sec로 모두 5단계로 변화시켰다. 살포 균등도 분석은 변이계수(Coefficient of Variation, CV)를 사용하여 평가하였다. 변이계수는 살포형에서 단위폭당 살포량의 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 완전히 균일한 경우 변이계수는 0이 되며 변이계수가 작을수록 균등하다고 볼 수 있다.

입제 비료의 살포 균등도 분석을 위해 그림 7과 같이 패턴 데이터를 이용하여 30 cm 간격으로 수집통에 수집된 입제 비료량을 측정하여 측정값의 평균과 표준편차를 구한 다음, 식 (1)을 이용하여 변이계수를 구하여 균등도를 분석하였다.

$$CV(\%) = \frac{S}{\bar{Y}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, S : 측정값의 표준편차
 \bar{Y} : 측정값의 평균

마. 살포높이별 살포균등도 실험

분얼비나 수비를 살포하는 경우에 살포높이는 벼의 생육에 따라 달라지므로 살포높이에 따른 균등도 실험을 수행하였다. 살포높이는 벼 재배 중에 작물의 높이와 송풍관리기의 최저 지상고를 고려하여 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm로 하였고 살포시간은 30초, 3회 반복하였다.

그림 7은 살포되는 입제의 양을 수집할 패턴데이터의 모습이며, 한 칸의 수집통의 크기는 가로, 세로, 높이가 30 cm×90 cm×30 cm 였다.

바. 실험 자료 분석

하나의 분석선에 분두 3개를 부착하여 80 cm의 살포높이에서 비료 살포량 변화, 수집판 삽입길이 조합별, 비료 종류에 대해서 살포 실험을 하였을 때 어떤 인자가 살포 균등도에 영향을 주는지 고찰하였다. 표 2와 같이 수집판 삽입길이 조합별 4조건과 비료의 시간당 살포율 5단계(23.5 g/sec, 47 g/sec,

70.5 g/sec, 100.8 g/sec, 111.4 g/sec), 그리고 두 종류의 비료(신세대, 슈퍼21)에 대해서 3회 반복으로 살포 실험을 실시하여 얻은 변이계수를 통계처리 프로그램인 MINITAB(MINITAB Inc., V14.1)을 이용하여 삼원변량분석(three-way ANOVA)을 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. ANOVA 결과

두 종류의 비료, 시간당 살포율 5단계, 수집판 삽입길이 조합별 4조건에 살포 실험에 대해서 평균 변이계수를 구한 자료들 바탕으로 삼원변량분석(three-way ANOVA)을 한 결과를 표 3에 나타내었다. 이상적인 살포기가 되려면 비료의 종류나 시간당 살포율에 관계없이 균등한 살포형을 갖추어야 한다. 그러나 통계분석 결과 시간당 살포율의 증가에 따른 변이계수 변화는 1% 유의수준에서, 수집판 삽입길이는 변이계수 변화도 고도의 유의함을 알 수 있었다. 결과에서 알 수 있듯이 비료의 종류에 무관하게 시간당 살포율과 수집판 삽입길이 조건에 따라 변이계수에 영향을 미치므로 보다 좋은 균등도를 얻고자 한다면 시간당 살포율의 변화에 따라 각 분두의 수집판의 삽입길이도 조절해 주어야 한다. 다만 비료의 종류는 유의성 있는 차이를 보이지 않으므로 입제의 종류에 따른 별도의 분두의 수집판 삽입길이 조정은 불필요한 것으로 판단되었다.

나. 수집판 삽입길이에 따른 입제 살포 성능

하나의 분석선에 분두를 3개를 부착하여 수집판 삽입길이 조건별로 살포 특성을 실험한 결과 그림 8~11과 같은 결과가 나타남을 알 수 있었다. 그림 8은 신세대 비료를 대상으로 C 조건에서 시간당 살포율이 23.5 g/sec, 살포높이 80 cm 일 때, 비료를 살포하였을 때 살포형을 나타낸 것이다. 비료를 30 cm 간격으로 수집하여 변이계수를 구하였을 때 23.4%로 가장 좋은 균등한 살포형을 나타냈고, 111.4 g/sec일 때 57.8%

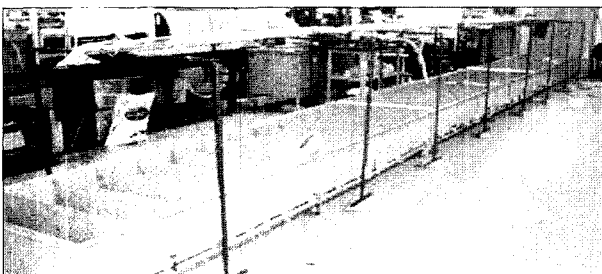


Fig. 7 View of fertilizer application patternator.

Table 3 Analysis of Variance for CV (%)

Source	DF	SS	MS	F	P
Application rate	4	857.76	214.44	5.72**	0.001
Blow head	3	2283.03	761.01	20.28**	0.000
Fertilizer	1	5.40	5.40	0.14	0.707
Error	31	1163.09	37.52		
Total	39	4309.28			

** significant at p=0.01

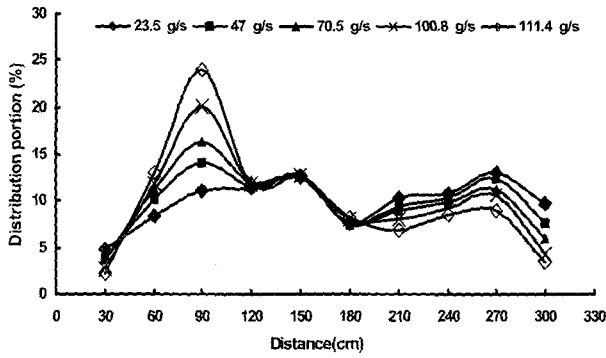


Fig. 8 Distribution patterns with type C (Shinsedae).

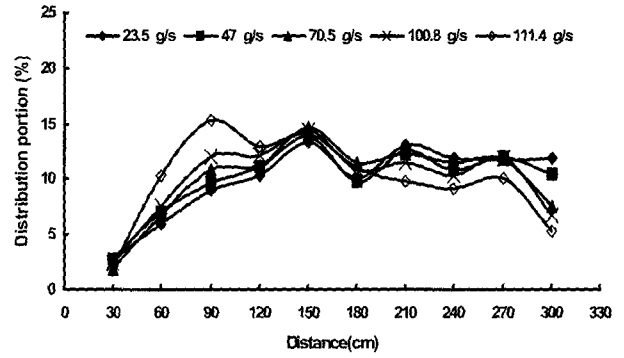


Fig. 10 Distribution patterns with type D (Shinsedae).

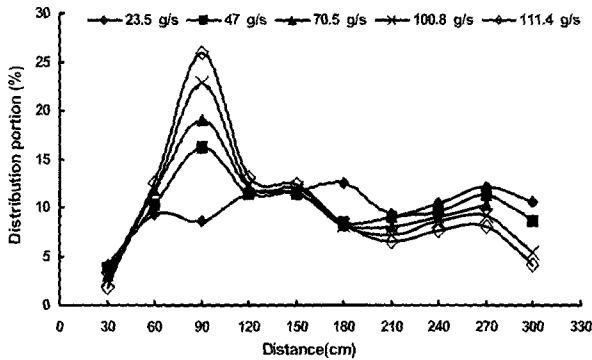


Fig. 9 Distribution patterns with type C (Super21).

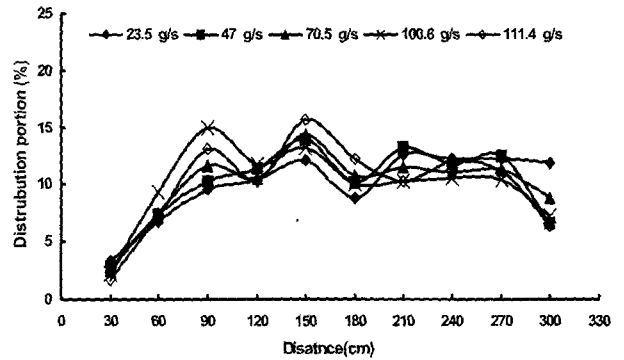


Fig. 11 Distribution patterns with type D (Super21).

의 값으로 가장 균등도가 낮았다. 그림 9는 같은 조건에 슈퍼 21을 사용하였을 때 살포형을 나타낸 것이다. 이 경우에도 신세대 비료의 경우와 마찬가지로 시간당 살포율이 23.5 g/sec 일 때 변이계수는 23.3%, 114 g/sec일 때 63.3%를 보였다.

그림 10은 신세대 비료를 대상으로 D조건에서 살포높이 80 cm로 비료를 살포하였을 때의 살포형을 나타낸 것이다. 시간당 살포율이 47 g/sec일 때 변이계수는 29.8%로 가장 균등한 살포형을 나타냈고, 111.4 g/sec일 때 37.6%의 값으로

가장 균등도가 낮았다. 그림 11는 같은 조건에서 슈퍼21을 살포하였을 때 살포형으로 시간당 살포율이 23.5 g/sec일 때 변이계수는 28.6%, 114 g/sec일 때 37.7%를 보였다.

그림 12는 신세대를 사용하여 살포높이 80 cm에서 시간당 살포율과 수집판 삽입길이 조합별 조건에서 변이계수들을 나타내고 있다. A와 B 조건은 시간당 살포율이 증가하더라도 변이계수의 변화가 완만하게 증가하나 살포기에 적용하기에는 변이계수가 커서 적합하지 않다. C 조건에서 가장 우수한

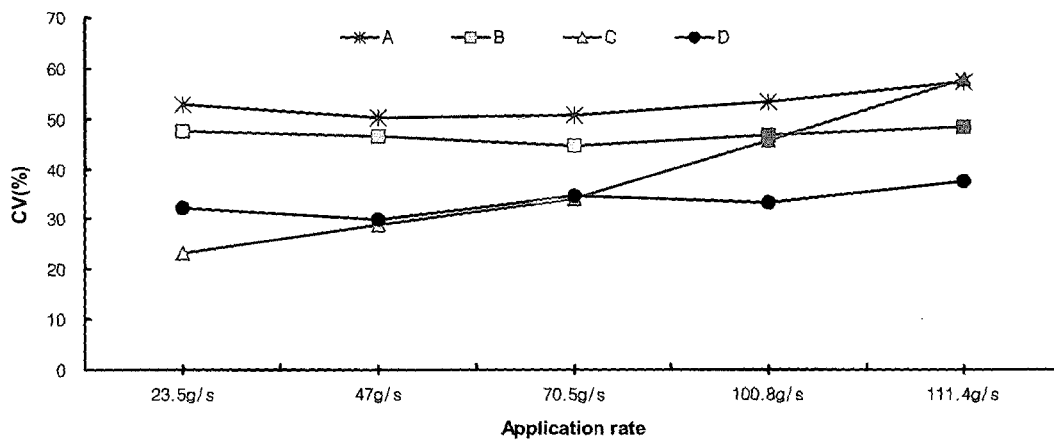


Fig. 12 CV values of a boom section by discharge rate and inserting length of the collecting plates (Note: A, B, C and D represent a set of inserting lengths of blow heads in one application section).

변이계수를 보이나 시간당 살포율이 증가함에 따라 살포 균등도가 떨어짐을 알 수 있었다. D조건에서는 살포율이 증가함에 따라 변이계수가 완만하게 커지고 있고, 다른 조건보다도 시간당 살포율 변화에 따른 살포 균등도가 양호하였다. 변이계수를 기준으로 보면 C 조건이 D 조건에 비해 양호한 균등도를 나타내지만 이상적인 살포기의 조건으로 보면 시간당 살포율에 상관없이 균등 살포가 가능해야 하므로 C 조건보다는 D 조건으로 비료살포기를 개발하는 것이 타당하다. 다만 살포 균등도가 낮다는 문제는 봄색선에 부착되는 분두의 개수를 늘리는 것으로 해결이 가능하다고 판단되었다.

다. 살포높이별 살포균등도

수집판의 삽입길이별 실험 결과를 바탕으로 삽입 길이를 각각 분두1에서는 30 mm, 분두2에서는 50 mm로 고정하였고, 살포높이를 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm로 달리 하여 배출장치의 배출율을 47 g/sec로 하였을 때 살포 균등도를 측정하였다. 공시 재료로 선정한 두 종류의 입제 비료는 같은 살포 특성이 나타남을 볼 수 있었으며 살포높이가 증가할수록 이웃한 분두에서 중첩이 이루어져 살포높이가 낮을 때

보다 균등성은 좋아짐을 볼 수 있었다. 그림 13과 14는 살포 높이가 40 cm, 70 cm에서 살포 형태를 나타낸 것으로 살포 높이가 40 cm 일때 신세대 비료의 변이계수는 57%, 슈퍼21은 57.1%의 균등도를 보였다. 살포높이 70 cm 일때 신세대 비료의 변이계수는 48.1%, 슈퍼21은 44.3%의 균등도를 보였다.

그림 15와 같이 살포높이에 따른 변이계수를 보면 살포높이가 증가할수록 변이계수는 낮아지는 것을 볼 수 있는데 이는 살포 균등도가 좋아짐을 알 수 있었다. 그러나 살포높이는 입제 살포기의 동적 안전성에 직결된 문제이기 때문에 더 이상 증가시키기 어렵다고 판단하였다.

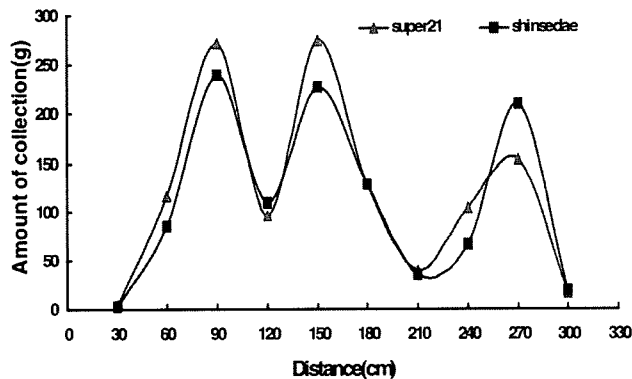


Fig. 13 Application patterns of a boom section at 40 cm application height (discharge rate:47 g/sec).

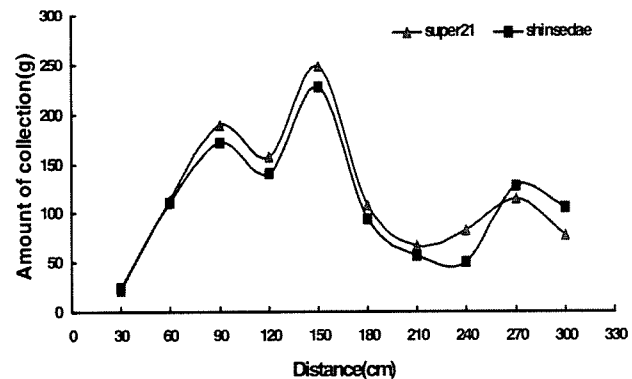


Fig. 14 Application patterns of a boom section at 70 cm application height (discharge rate:47 g/sec).

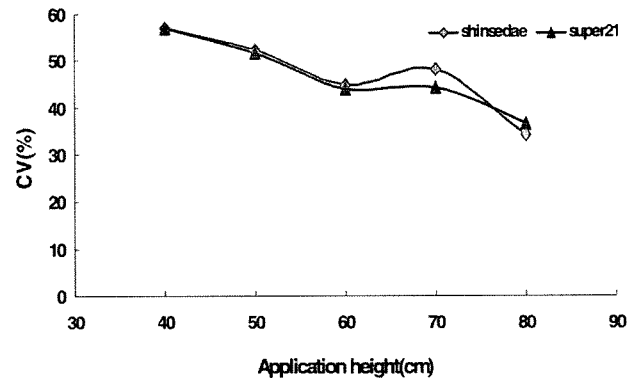


Fig. 15 CV-value with a boom section according to height of application (discharge rate:47 g/sec).

4. 요약 및 결론

본 연구는 송풍식 입제 변량살포기의 분두와 살포시스템을 개발하는 것으로서 분두의 설계와 입제 비료의 종류와 시간당 살포율 및 분두의 수집판 삽입길이 조건과 살포높이별에 따른 살포 특성과 균등도를 분석하고자 수행하였다.

본 연구결과 수평분에서 공기이송식 비료살포기에 적합한 새로운 형태의 분두가 개발되었다. 개발된 분두는 봄관내에 이송되는 입제가 분두내로 안내될 수 있도록 수집판과 분두의 좌우로 살포되도록 반사판을 갖추었다. 수집판은 삽입길이 조절하여 배출되는 입제 비료량을 조절하며 반사판은 모서리에 입제가 충돌하여 반대방향으로 이동하게 하였다.

하나의 봄색선에 3개의 분두를 부착하여 살포시스템을 구성하여 살포 실험을 하여 두 종류의 비료, 배출장치의 배출율, 수집판 삽입길이별에 따른 변이계수와 관계 분석한 결과, 시간당 살포율의 증가에 따른 변이계수 변화는 1% 유의수준에서 수집판 삽입길이는 변이계수 변화도 0.0%로 고도의 유의함을 알 수 있었다. 따라서 비료의 종류에 무관하게 시간당 살포율과 수집판 삽입길이 조건에 따라 변이계수에 영향을

미치므로 보다 좋은 균등도를 얻고자 한다면 살포율의 변화에 따라 각 분두의 수집판의 삽입길어도 조절해주어야 한다.

수집판 삽입길이의 C조건에서 슈퍼21의 비료를 사용하여 살포높이 80 cm에서 시간당 살포율 23.5 g/sec일 때 23.3%의 가장 좋은 변이계수를 보였다. 그러나 변이계수를 기준으로 보면 C 조건이 D 조건에 비해 양호한 균등도를 나타내지만 이상적인 살포기의 조건으로 보면 시간당 살포율에 상관없이 균등 살포가 가능해야 하므로 C 조건보다는 D 조건으로 비료살포기를 개발하는 것이 타당하다. 그러나 살포 균등도가 낮다는 문제는 붐섹션에 부착되는 분두의 개수를 늘리는 것으로 해결이 가능하다고 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Chung, C. J., S. O. Chung, Y. C. Chang, Y. S. Choi and J. S. Choe. 1997. A Study on Development of a Pneumatic Granular Applicator for Paddy Field(I) -Granular Discharge Rate, Diffuser and Optimal Application Conditions-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 22(2):127-136. (In Korean)
2. Fulton, J. P., S. A. Shearer, G. Chabra and S. F. Higgins. 2001. Performance Assessment and Model Development of a Variable-Rate, Spinner-Disc Fertilizer Applicator. Transaction of the ASAE 44(5):1071-1081.
3. Iida, M., M. Umeda and P.A.S. Radite. 2001. Variable Rate Fertilizer Applicator for Paddy Field. Paper Number 01-1115 An ASAE Meeting Presentation.
4. Jung, I. G., S. O. Chung, J. H. Sung and C. K. Lee. 2006. Development of Map-based Variable-rate Applicator. Proceeding of the KSAM 2006 Summer Conference 11(2):345-348.
5. Molin, J. P., L. A. A. Menegatti, L. L. Pereira, L. C. Dremonini and M. Evangelista. 2002. Testing a Fertilizer Spreader with VRT. Proceeding of the Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources. pp.232-237.
6. Ryu, K. H., Y. J. Kim, S. I. Cho and J. Y. Rhee. 2006. Development of Variable Rate Granule Applicator for Environment-Friendly Precision Agriculture(I)- Concept Design of Variable Rate Pneumatic Granule Applicator and Manufacture of Prototype . Journal of Biosystems Engineering 31(4):305-314. (In Korean)
7. Seo, M., J. Y. Rhee and Y. J. Kim. 2004. The Development of Variable Rate Pneumatic Granule Applicator. Proceeding of the KSAM 2004 Winter Conference 9(1):67-71.