

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

조 재배 시 피복비닐 제거시기에 따른 잡초발생과 조의 생육 및 수량 변화

황재복* · 박태선 · 최영대
국립식량과학원

Change of Weeds Occurrence, Growth and Yield of Foxtail Millet Cultivation by Polyvinyl Chloride Removing Time

Jae-Bok Hwang*, Tae-Seon Park, and Young-Dae Choi

Crop Production and Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT. Weeding measures is an important issue for cereal crop because weed is superior to crops in early growth stage and there are not many herbicides applicable to cereal crop. Since the concern about well-being and eco-environmental products are increasing, cultivation with polyvinyl chloride (PVC) is needed. Five treatments included as weed-free, control (not remove weed) and covering with polyvinyl chloride removed 20, 30, 40 DAS (day after seeding). At removing PVC, plant height did not differ depending on the growth stage. However, weed-free plot by weed competition were somewhat short. And, removing PVC accelerated the earlier by 2-3 day than weed-free plot. Soil moisture which removed from the control was higher than 20, 30, 40 DAS and weed-free, and it was kept low by evaporation. The chlorophyll meter of weed-free plot was 34.3, 30 DAS was 40.6 at heading time. Weed-free showed that increased in weed population 300.8 g m⁻². Weed control value of 20 DAS, 30 DAS, 40 DAS were 86.5%, 84.0% and 74.8%, respectively. In 30 DAS, yield of foxtail millet according to treatment of removing PVC were 355 kg 10 a⁻¹. At weed competition early in 30 DAS, the removing PVC was good for control. Thus, 30 DAS was judged to be suitable.

Key words: Foxtail millet, Lodging, Minor crop, Polyvinyl chloride, Weed

Received on September 4, 2016; Revised on November 15, 2016; Accepted on November 16, 2016

*Corresponding author: Phone) +82-63-238-5274, Fax) +82-63-238-5255; E-mail) hjb0451@korea.kr

© 2016 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

현재 세계적으로 널리 재배되고 있는 주요 화본과 곡류는 밀, 벼, 옥수수과 보리이다. 이러한 주곡만 이용한 식생활을 오래전부터 지속해 왔다고 생각하기 쉬우나 최근의 식생활로 정착한 지는 그리 오래되지 않았다. 조를 포함하는 잡곡은 토양 및 기후조건 등이 불량한 토지에도 잘 생육한다. 잡곡의 특징은 건조한 토양이나 척박한 토양에도 저항성이 강하고, 소립종이지만 안정적인 수확량을 확보할 수 있다는 것이다. 화본과의 C₄ 식물에는 잡초성이 강한 식물이 포함되어 있고 강한 일사량 및 고온과 수분결핍 조건에서도 잘 적응한다는 것이다. 또한 종자 보관이 용이하여

장기간 저장할 수 있고, 흉작 시 구황작물로서의 역할도 크다.

한편 잡곡은 전통적인 식자재로 다양한 이용법이 확립되어서 가양주 등 지역의 농업관행, 농경의례, 식생활 문화와 밀접한 관련이 있다고 하였다(Sakamoto, 1994). 조의 생육 기간은 90-130일로 짧아 다양한 작부체계에 적합하고, 생육온도에 대한 변이가 커서 온대에서 아열대까지 광범위한 지역에 적응하면서 다양한 품종이 분화되었다. 조는 병해충에 강해 친환경재배에 유리하며, 물 부족과 온난화에 대비한 미래 작물로 이용 가능성이 높다. 최근 기상이변에 의한 농산물 수급 불안정, 도복 및 고온장애 등 위험성이 증가하고 있다. 생육기간 중 비바람의 영향 등으로 도복이 되기 쉬우므로 경종적 방법에 의해 초장을 제어하여 도복

을 경감할 필요성이 있다.

잡곡류는 경운과 정지 작업 등 재배관리를 소홀히 하는 경향이 있지만, 종자가 소립이기 때문에 초기 입모 향상이 중요하다. 잡곡은 출아 후 2주 동안 초기 잡초방제를 소홀히 하면 잡초와의 경합에서 불리하여 수확에 영향이 크므로 비닐피복 등으로 처리하여야 한다. 조는 화본과 잡초와 유사하여 파종 후 초기 입모 시에는 판별이 어렵다(Hwang et al., 2012). 또 조는 등록된 제초제가 없는 실정이며 최소한의 재배관리로 영농이 되고 있는 실정이다(Byun et al., 2010). 최근 보편화된 비닐 피복재배는 온도, 토양습도, 토양의 이화학적 성질의 변화, 그리고 미생물의 번식조건 등이 노지재배와 양상이 다르기 때문에 잡초의 발생상황이 다르다(Lee et al., 1986). 조 재배의 안정 다수확을 달성하기 위해서 적절한 잡초방제가 안되어 수량 감소나 품질저하가 큰 문제점으로 지적되고 있다(Lee et al., 1992).

따라서 본 연구에서는 조의 잡초관리를 위해 비닐피복을 하고 파종 후 잡초의 발생을 경감할 수 있는 비닐의 제거 시기를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

피복비닐 처리방법 및 잡초조사

조 재배 시 잡초방제를 위해 피복한 비닐을 재배 중 적정 제거시기를 구명하기 위해 시험작물로 조를 파종 적기인 2013년 6월 6일에 파종하였다. 시험은 밀양소재 국립식량과학원 기능성작물부 포장에서 수행되었다. 표토 관리로 피복비닐을 파종 후 20일(6월 26일), 30일(7월 6일), 그리고 40일(7월 16일)에 제거하였다. 대조구로 수확기까지 피복한 비닐구와 피복비닐을 처리하지 않은 무피복구를 두어 잡초발생량을 비교하였다. 잡초조사는 파종 후 50일에 30×30 cm 방형구로 3반복 채취하여 발생한 잡초의 초종별 건물중을 측정하여 m²당으로 환산하였다. 조의 재식거리는 60×10 cm로 하였으며 기계로 피복비닐을 처리하였다. 시비

량은 9-7-8 kg 10 a⁻¹ (N-P₂O₅-K₂O)로 전량 기비로 하였다. 토양 화학분석은 농촌진흥청 토양 화학분석법에 준하여 분석하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였다(NIAST, 1988).

피복비닐 제거에 따른 환경변화 및 수량과 수량구성요소

작물 재배 중 피복비닐의 제거에 따른 토양수분의 변화와 조의 생육변화에 따라 표면에 도달하는 일사량 정도를 파악하기 위해 조도(testo 540)를 측정하였다. 조의 생육단계별 토양수분 변동(ECH₂O센서, Decagon사)과 피복비닐 제거별 수분변화에 따른 조의 출수기로부터 10일 간격으로 3차례에 걸쳐 엽색도 측정기(SPAD 502, Minolta사)를 이용하여 잎의 엽록소 함량(SPAD value)을 조사하였다. 엽색도의 측정은 각 생엽의 중간 부위에서 3반복 측정하여 평균하였다. 조 생육, 수량 및 수량구성요소 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준에 준하였다(RDA, 2003).

결과 및 고찰

피복비닐 제거시기별 생육, 토양수분, 상대조도 및 엽색도

본 시험에서 포장의 토양화학성은 pH, 전기전도도(EC), 유기물, 그리고 유효인산은 각각 6.5, 0.2 ds m⁻¹, 141.8 mg kg⁻¹, 23.1 g kg⁻¹이었고, 치환성 칼리, 칼슘, 그리고 마그네슘은 각각 0.25, 7.26, 1.12 cmol⁺ kg⁻¹이었다(Table 1). 표토 관리별 조의 생육을 보면, 파종 후 30일경(7월 6일) 초장은 피복비닐을 한 관행구가 75.2 cm이었으며, 무처리구가 57.5 cm

Table 1. Physico-chemical properties of soil used in this experiment.

pH (1:5)	EC (ds m ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	O.M. (g kg ⁻¹)	Ex. Cations (cmol kg ⁻¹)		
				K	Ca	Mg
6.5	0.2	141.8	23.1	0.25	7.26	1.12

Table 2. Plant length of growth stage, heading date and lodging index according to the treatment of removing PVC.

Treatments	Plant height (cm)			Heading date (Mon. day)	Length of 3 bottom internode (cm)	Lodging index (0~9)
	6 Jul.	16 Jul.	26 Jul.			
20 DAS ^z	77.2	101.4	124.1	7.26	23.4	1
30 DAS	73.4	102.4	115.0	7.27	23.3	1
40 DAS	67.3	97.4	117.1	7.27	22.5	3
Untreated	57.5	89.4	112.8	7.29	19.9	1
Control	75.2	105.3	125.4	7.27	22.1	5

^zDAS: days after seeding.

로 초기생육에서는 피복비닐 처리구가 초기 지온과 수분의 영향으로 양호하였다(Table 2). 1980년대부터 피복비닐 재배가 토양수분의 보존과 지온상승을 통한 생육기간 연장으로 수량성을 크게 높여서 무피복구보다 땅콩의 출현기와 개화기가 모두 빨랐고(Lee et al., 1997), 지온은 피복비닐이 무피복에 비해 생육초기에는 5-10°C 높았으나 파종 후 30일부터는 차이가 없다고 하였다(Lee and Back, 1985). 또 파종 후 40일(7월 16일)과 50일(7월 26일)의 조의 초장은 초기 생육이 무처리구의 초장이 작았는데, 이는 출아 후 지온이나 수분함량뿐만 아니라 잡초와의 경합이 원인으로 파악되었다.

표토관리별 조의 출수기는 피복비닐을 제거한 구가 무처리구보다 2-3일 정도 빨랐고, 하위 3절의 간장은 피복비닐 제거구와 대조구는 차이가 없었고 무처리구는 다소 작았다. 도복을 경감시키기 위해서는 시비량 조절, 시비방법 개선, 재식밀도 및 물관리 방법에 의한 하위절간의 마디 신장을 억제시키고 줄기의 세포벽을 두텁게 하는 등 재배법에 의한 방법, 도복저항성 품종의 선택, 도복경감 성장조절제 처리 등 복합적으로 고려되어야 한다(Seo et al., 2001). 피복비닐 제거시기별 도복지수는 조의 모든 생육기간 동안 처리한 구에서 높았고, 파종 후 40일 처리구가 그 다음

이었으며 20일과 30일은 도복되지 않았다. 조의 도복경감을 위해 조의 재배기간 중에 파종 후 20일이나 30일에 피복비닐을 제거하면 도복경감에 효과적임을 알 수 있었다. 파종 후 35일(7월 11일)에 표토 관리별 토양수분 함량은 7월 1일부터 7월 10일까지 10일간의 강수량은 300 mm 이상으로 토양수분 함량이 높았다(Fig. 1). 이후 포장 수분함량 변동을 보면, 파종 후 20일과 30일에 피복비닐을 제거한 구, 그리고 무처리구가 피복비닐을 제거하지 않은 파종 후 40일구와 대조구에 비해 높았다. 파종 후 40일(7월 16일)에 모든 처리구에서 피복비닐을 제거한 후 7월 하순경에 강우량이 감소함에 따라 토양수분의 변동은 피복비닐을 제거하지 않은 관행구에서 토양수분이 가장 높았다. 피복비닐이 무피복구에 비해 토양표면의 증발이 토양수분 소모량의 감소와 토양수분 효율의 증가에 크게 영향을 관여한다는 기존 보고와 유사한 경향이였다(Kim and Hong, 1986).

표토관리 방법별로 출수기 전후의 SPAD 값(엽색도 측정치)을 보면, 8월 5일을 기준으로 파종 후 20일, 30일에 피복비닐을 제거한 구와 대조구에서 SPAD 값이 가장 높았고, 8월 15일에는 감소하여 노화되는 경향이였다(Fig. 2). 그러나 파종 후 40일에 피복비닐을 제거한 구와 무처리구에서는 SPAD 값이 지속적으로 높아지는 경향이였다.

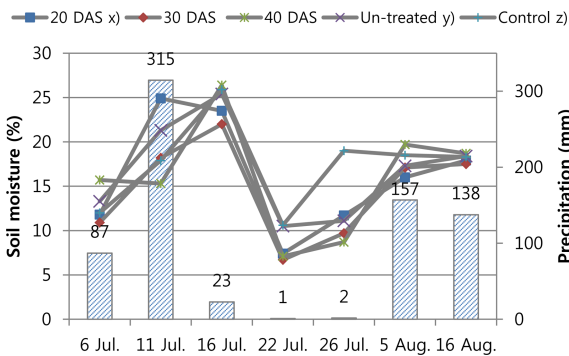


Fig. 1. Precipitation and soil moisture in the experimental site in 2011.

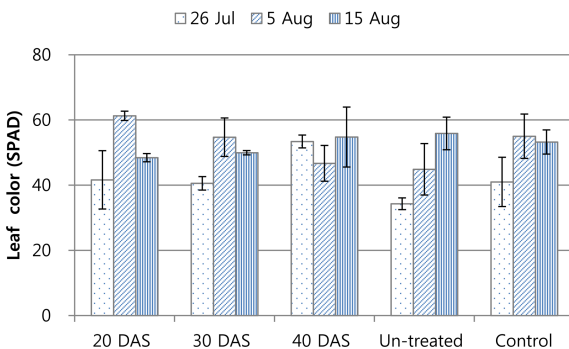


Fig. 2. Changes in the SPAD values of leaf of foxtail millet 0, 10 and 20 days after heading. Bar on the each graph was standard deviation.

조 재배중 피복비닐 제거시기별 잡초방제 효과

조의 생육단계별로 표토의 상대조도를 보면, 파종 후 40일경(7월 16일) 피복비닐을 제거한 모든 처리구에서 70% 이상이었고, 출수기가 시작된 7월 25일경부터는 표토의 상대조도는 모든 처리구에서 20% 정도로 낮았다(Fig. 3). 파종 후 50일(7월 25일)경부터 조의 생육에 의해 표면에 도달하는 일사량 부족으로 후기 발생하는 잡초의 출아와 생육을 억제하는 것으로 판단되었다. 콩 파종 후 50일에 토양 표면의 상대일사량이 10% 이하이면 잡초가 억제된다는 보고가 있다(Yoshino et al., 2012)는 내용과 유사한 결과로 판단되었다.

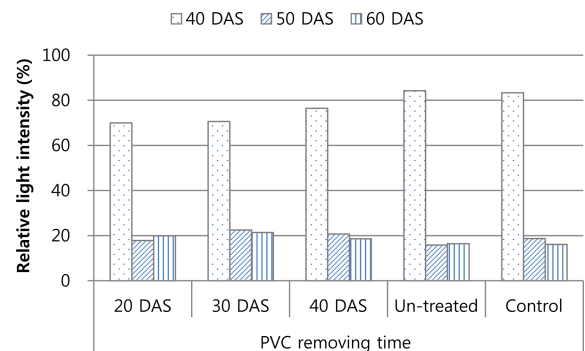


Fig. 3. Relative light intensities at different removing PVC in lower layer of foxtail millet.

Table 3. Effect of the removing PVC on weed control at 50 days after seeding.

Treatments	Weeds (plant m ⁻²)	Dry weight (g m ⁻²)	Control value (%)
20 DAS	D. s ^x (4), P. o (4), E. p (4), C. i (16)	40.5a ^y	86.5
30 DAS	C. i (8), M. p (4), E. p (4)	48.0ab	84.0
40 DAS	E. p (4), D. s (4), C. i (8)	75.7ab	74.8
Untreated	P. o (8), G. c (4), E. p (8), C. i (12), R. i (4), M. p (4), C. m (4)	300.8c	-
Control	C. i (8), P. o (4), E. p (8)	87.0b ^z	71.1

^xD. s: *Digitaria sanguinalis*; P. o: *Portulaca oleracea*; E. p: *Eclipta prostrata*; C. i: *Cyperus iria*; M. p: *Mollugo pentaphylla*; G. c: *Galinsoga ciliate*; R. i: *Rorippa indica*; C. m: *Centipeda minima*.

^yMeans with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.

^zControl treatment: We also investigated the weed of the furrow.

표토관리별 잡초발생량은 피복비닐을 파종 후 20일, 30일에 제거한 구에서 각각 86.5%, 84.0%의 정도로 방제효과가 있었다. 무피복구에서는 쇠비름, 한련초 등 광엽잡초 7종, 참방동사니로 방동사니과 1종이 발생하였다. 반면에 파종 후 20일, 30일, 40일에 피복비닐을 제거한 구는 3-4종으로 피복비닐을 파종 후 20일에 제거를 해도 잡초의 종류와 발생량을 줄일 수 있었다. 광엽잡초의 경우 무피복 방입에서 생육후기까지도 잡초종이 높은 수준을 유지한 것으로 보아 피복비닐에 의하여 광엽잡초의 발육이 억제된다는 결과와 같았다(Lee et al., 1986). 파종 후 30일 피복비닐을 제거할 때 조의 초장은 70 cm 정도로 피복비닐을 제거한 후에 발생하는 잡초와는 경합에서 우세하였다. 파종 후 30일에 피복비닐 (1휴 2열)을 제거하더라도 뿌리 채 뽑히지는 않았으며, 제거한 피복비닐은 잡초방제를 위해 고랑에 방치해 두었다. 대조구로 생육기간 중에 계속 피복비닐을 한 구가 71.1%로 잡초의 발생량이 많았던 이유는 고랑 (이랑을 덮은 비닐을 표면에 고정시킨 흙이 노출된 부분)에 발생한 잡초를 포함하였기 때문이다(Table 3). 한편,

파종 후 40일에 피복비닐을 제거하면 조의 초장이 100 cm 정도로 생육하기 때문에 피복비닐을 제거하는데 어려움이 있고, 방제효과도 74.8%로 낮았다. 호남지역의 조 재배단지의 일부의 경우 피복비닐을 파종 후 30일경에 제거하여 효과적인 잡초방제를 하고 있는 실정으로 현지조사에서 확인하였다.

조 재배중 피복비닐의 제거시기별 수량구성요소 및 수량

피복비닐 제거시기별 조의 수량구성요소 및 수량은 Table 4와 같다. 조의 간장은 생육기간중 피복비닐을 한 대조구와 피복비닐을 제거한 처리구가 109.4-113.5 cm였으며, 피복비닐을 하지 않은 무처리구도 잡초와의 경합으로 도장하는 경향으로 대조구의 108.3 cm와 비슷하였다. 그러나 간경에서 피복비닐을 하지 않은 대조구가 5.8 mm로 가장 작았으며, 피복비닐을 멀칭한 구와 제거한 구에서는 6.6-6.9 mm로 차이가 있었다. 수량은 파종 후 30일에 피복비닐을 제거한 구가 355 kg 10 a⁻¹로 가장 높았고, 다음으로 파종 후 20일 순이었으며, 대조구는 고랑의 잡초에 의한 조와의 경합 및 출수기 이후 도복에 의해 수량 감소가 되어 275 kg 10 a⁻¹이었다.

요 약

조의 피복비닐의 적정 제거시기를 구명하고자 조 생육특성과 잡초방제에 미치는 효과는 다음과 같다. 표토관리별 조의 초장은 파종 후 30일에 피복비닐을 한 관행구가 75.2 cm이었으며, 무처리구가 57.5 cm로 초기생육에서는 피복비닐 처리구가 초기 지온과 수분의 영향으로 양호하였다. 조의 출수기는 피복비닐을 제거한 구가 무처리구보다 2-3일 정도 빨랐다. 표토관리별 토양수분 함량은 파종 후 20일과 30일에 피복비닐을 제거한 구, 그리고 무처리구가 피복비닐을 제거하지 않은 파종 후 40일구와 대조구에 비해 높았다. 표토관리별 잡초발생량은 피복비닐을 파종 후 20일, 30일에 제거한 구에서 각각 86.5%, 84.0% 정도로 방제효과가 있었다. 수량은 파종 후 30일에 피복비닐을 제거한 구가 355 kg

Table 4. Yield components and yield of foxtail millet according to remove PVC.

Treatments	Culm length (cm)	Stem diameter (mm)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Yield	
					kg 10 a ⁻¹	Index
20 DAS	112.9	6.7	19.6	26.7	333ab ^z	121
30 DAS	113.5	6.9	19.8	27.9	355a	129
40 DAS	109.4	6.6	18.3	26.1	297ab	108
Untreated	108.3	5.8	19.2	25.5	216bc	79
Control	109.7	6.8	19.3	27.3	275c	100

^zMeans with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.

10 a⁻¹로 가장 높았고, 다음으로 파종 후 20일 순이었으며, 대조구는 도복에 의한 수량 감소로 275 kg 10 a⁻¹이었다. 조재배 시 피복비닐의 제거시기는 파종 후 30일이 수량이 가장 높은 것으로 보아 가장 적절한 것으로 판단되었다.

Acknowledgements

This research was supported by a project grant from the cooperative research program for Agricultural Science and Technology Development (Project No. PJ010131) of the RDA.

References

- Byun, H.S., Lee, S.J., Cho, S.H. and Choi, J.K. 2010. Development of a stable production in cereals. Kangwon-Do Agricultural Research & Extension Services Annual report, Chuncheon, Korea. pp. 3-44. (In Korean)
- Hwang, J.B., Yun, H.S., Park, C.Y., Jung, K.Y., Choi, Y.D., et al. 2012. Weed control technology with low concentration ethanol in protected cereal crop cultivation. *Kor. J. Weed Sci.* 32(2):115-120. (In Korean)
- Kim, W.H. and Hong, B.H. 1986. Effects of mulching materials on physical properties of soil and grain and grain yield of sesame. *Kor. J. Crop Sci.* 31(3):260-269. (In Korean)
- Lee, H.B., Choi, B.H., Lee, W.K., Baek, M.K. and Ji, H.C. 1992. Characters associated with lodging in tillering hybrid maize. *Kor. J. Breed* 25(1):22-27. (In Korean)
- Lee, H.S., Ra, S.Y., Oh, S.M. and Kim, J.I. 1986. Effect of herbicide, napropamid on the weeding growth and yield of sesame under vinyl mulching cultivation. *Kor. J. Weed Sci.* 6(1):42-47. (In Korean)
- Lee, J.I., Kang, C.W. and Kwon, Y.W. 1986. Effect of different PE mulching duration on the competition ability of sesame growing in association with various weed communities. *Kor. J. Weed Sci.* 6(1):33-41. (In Korean)
- Lee, S.S. and Back, J.H. 1985. Effects of polyethylene mulch and levels and placements of nitrogen on soil properties and sweet corn growth. *Kor. J. Crop Sci.* 30(3):334-339. (In Korean)
- Lee, S.W., Kim, S.D. and Park, J.H. 1997. Growth and seed composition of protein, oil and fatty acid as affected by polyethylene film mulching in peanut. *Kor. J. Crop Sci.* 42(6): 647-651. (In Korean)
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1988. Methods of soil chemical analysis. RDA, Suwon, Korea. p. 215. (In Korean)
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Analysis manual for agricultural science and technology in research. RDA, Suwon, Korea. pp. 271-290. (In Korean)
- Sakamoto, S. 1994. What is a millet. The society for the study of species biology 18:1-4. (In Japanese)
- Seo, Y.J., Huh, M.S., Kim, C.B., Lee, D.H. and Choi, J. 2001. Characterization of rice lodging by factor analysis. *Kor. J. Soil and Fertilizer Sci.* 34(3):173-177. (In Korean)
- Yoshino, N., Kobayashi, H., Uchida, T., Shimazaki, Y. and Ao, M. 2012. Meteorological factors determining the growth of barley and wheat used as living mulching in soybean cultivation. *Japan. J. Crop Sci.* 81(1):18-26. (In Japanese)