

栽培 樣式別 Molinate處理에 따른 벼와
피의 生長 및 解剖形態的 反應*

韓成旭** · 具滋玉 · 千相旭 · 申智山

Growth and Anatomical Responses of Rice and
Barnyardgrass to Molinate under Different Cultural Patterns

Han, S.U**, J.O. Guh, S.U. Chon and C.S. Shin

ABSTRACT

Growth and anatomical responses of rice and barnyardgrass to molinate were examined under various cultural patterns in a greenhouse in which molinate had been applied at 3kg ai/ha 10 days after sowing or transplanting of rice. Molinate severely reduced growth of broadcast-sown rice compared to drill-seeded or transplanted rice. Molinate also significantly reduced the growth of barnyardgrass. The growth reduction of both species by molinate was more apparent under flooded than under dry conditions. Following the treatment of molinate, the leaf primordia of barnyardgrass were found to develop abnormally, resulting in a zigzag pattern. The effect of molinate on causing the symptom was more severe under flooded than under dry conditions.

Key words : Barnyardgrass, Drill-Seeded, Molinate, Rice

序 言

우리나라의 벼 직파재배는 1960년대에 한발대
책의 일환으로 건담직파재배가 이루어져 1968
년에는 7만여 ha까지 재배되었으나, 수리시설
의 확충, 이앙기의 도입으로 그 면적이 급진적
으로 감소하였다. 그러나, 농촌 노동력의 부족,
농가의 소득감소, 농산물 수입개방 압력, 소비
자의 양질미 선호 등 국내외 사정으로 우리의
농업은 양질의 농산물을싼 값으로 생산해야

하는 현실에 처해 있다. 이에 따라 1990년대
초부터 벼 직파재배법이 본격적으로 연구, 보
급되기 시작하여 전체면적의 10.6%로 확대 보
급되었으며¹⁾, 금후 직파재배의 기술적인 문제
점이 보완되면 점차 늘어날 전망이다. 그러나
벼 직파재배는 기존의 이앙재배시와는 달리
잡초방제, 도복, 출아 및 입모의 불안정 등 많
은 문제점을 갖고 있다^{3,4)}. 이중 재배양식의 변
화에 따른 논 잡초의 발생량이 많을 뿐만 아
니라 잡초의 발생기간이 길어 잡초군락에 큰
변화를 가져와 직파벼의 수량에 큰 피해를 주

* 본 논문은 산학협동연구비(95-97년)지원에 의하여 수행한 연구 결과의 일부임.

** 전남대학교 농과대학(College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

〈'98. 2. 23 접수〉

고 있어서 잡초방제가 직파재배의 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 현실이다^{3,4)}.

수도작의 작부양식은 지금까지의 이앙에서 직파재배로의 전환이 급속도로 진행되어 가는 시점에서 기존 “일발처리제(one-shot herbicide)” 한 번으로 가능했던 잡초방제는 직파재배에서의 잡초종 및 양적인 증대로 인하여 체계처리가 불가피하게 되었다. 또한 종래의 벼와 피간의 선택성 제초제가 대부분 토양처리제로 개발되어 왔기 때문에 중후기 경엽처리제에 대한 의존도가 높아지고 있다. 더구나 최근 3-4엽기의 피까지도 방제가 가능했던 밧사그란피(Quinclorac+Bentazon)가 출현과 동시에 일부 후작 채소류에 대한 부정적인 영향으로 사용 제한이 불가피한 실정에 이르렀다^{8,10)}. 직파재배를 위한 제초제의 개발이 꾸준히 진행되고 있지만 피의 방제를 위한 탁월한 약제개발이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구는 기계 이앙에 적용되고 있는 molinate 및 molinate합제를 직파재배로의 적용확대를 위해 먼저 다양한 조건하에서 molinate에 의한 벼와 피의 생장 및 해부형태학적 반응차이를 규명하고, 직파재배시 적용 가능성 여부를 검토하고자 수행하였다.

材料 및 方法

온실 내에서 식양토인 논토양을 충진한 Wagner포트(1/5000a)에 벼(품종 : 동진벼)와 피(건넛보관중인 강피)를 공시하여 본시험을 수행하였다. 토양을 건담 및 담수상태로 조절한 후 건담직파는 표면조파 및 토중 1cm 깊이로 파종하였으며 담수직파는 표면산파 및 토중조파하여 비교하였으며 파종량은 포트당 벼종자 20립과 피종자 30립으로 하였다.

대조를 위한 이앙재배는 포트당 5본씩 이앙심도는 2cm로 재식하였고 종간 경합을 배제한 비교구로서 벼와 피를 각각 재배양식별 단식구로 파종하였다. 온실내 온도조건은 주간 28 ± 2℃, 야간 21 ± 1℃이었고, 광은 자연광외에 halogen 등의 보광을 통해 20,000Lux 이상으로 유지하였다. 시비량은 ha당 질소 70kg, 인산 40

kg, 칼리 50kg 표준으로 시비하였고 질소를 50%씩 나누어 각각 기추비하였다.

Molinate(70EC)는 파종 및 이앙 5일 후에 ha당 성분량으로 3kg을 표준으로 처리하였고, 약제처리 10일 후에 각 식물체의 초장, 근장 및 지상부 생체중을 측정하였다.

해부학적 반응차이를 관찰하기 위하여 약제처리 후 10일에 식물체의 지지부위 8mm를 채취하여 FAA용액 (Formalin : Acetic acid : Alcohol : Distilled water = 15 : 10 : 35 : 40) (v/v)에 24시간 침지한 후 일련의 알콜과정을 거쳐 탈수시킨 후 alcohol + xylene의 혼합용액에서 투명화시킨 후 parplast에 72시간 동안 침투시켜 embedding 하였다. 조직은 steel knife가 장진된 rotary microtome에 8 μ m 두께로 종단하여 0.5% safranin 수용액(w/v)과 0.5% fast green/95% alcohol 용액(w/v)에 각각 1시간, 12초간 대조염색한 후 100배 및 400배율 현미경하에서 분열조직 및 엽시원체를 중심으로 검경·촬영하였다.

結果 및 考察

1. 생장반응

벼와 피는 생태적으로 발아시 초엽과 뿌리의 출현부위가 다르게 나타나는데 벼는 초엽과 유근이 같은 배반에서 출현한 반면 피는 서로 다른 배반에서 초엽과 유근이 출현하였다. 또한 건담조건에서와 담수조건에서 벼와 피의 생육 정도가 다르게 나타났다. 벼는 담수조건하에서 유근보다 초엽생장이 왕성하였고 건담조건하에서는 초엽 및 유근발생이 동시에 일어났고 피의 경우는 건담조건이나 담수조건에서 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 이러한 현상들은 molinate에 대한 벼와 피의 반응에서도 민감하게 나타났다.

Molinate 처리 후 10일째 벼의 초장을 측정한 결과 건담직파시 표면 산파에서는 무처리 대비 38.2%, 토중파종에서는 6.2% 감소한(Fig. 1) 반면 피의 초장은 건담직파에서 46.3%나 감소함으로써 벼에 비해 피가 선택적으로 유의적인 반응을 나타내는 경향이었다. 이와 같은

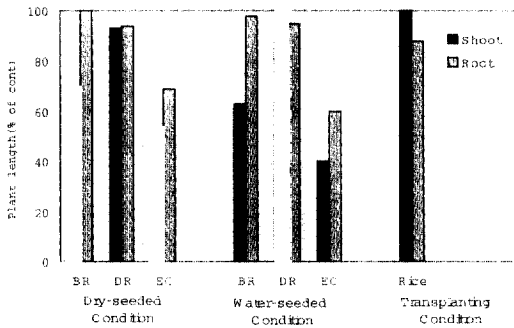


Fig. 1. Effect of molinate on plant height and root length of rice and *E. crus-galli* grown under various growing conditions 10 days after application. BR = broadcast-sown rice, DR = drill-sown rice, EC = *Echinochloa crus-galli*.

피의 선택반응 경향은 담수직파에서 더욱 뚜렷하게 나타나 담수 표면산파에서는 무처리 대비 36.4% 감소하였고 담수토중파종구에서는 무처리와 거의 차이가 없었으며 피는 60.7% 감소하여 molinate에 민감한 반응을 나타내었다. 반면 이앙재배 벼에서는 molinate에 의한 생장억제가 거의 나타나지 않았다.

결과적으로 molinate에 의한 벼의 지상부 생장억제는 이앙재배에 비하여 직파재배조건에서 크게 나타났으며 토중파종한 경우보다 표면산파한 경우에 크게 나타나는 경향이였다. 또한 피의 생육 억제는 벼에 비하여 현저하여 molinate 약효는 건답조건에서보다 담수조건에서 높게 나타나 비교적 수용성이 높은 것으로 알려진 공시약제와의 접촉부위가 많았기 때문인 것으로 판단되었다.

한편, 벼의 뿌리신장에 대한 molinate의 영향은 지상부 생육에 비하여 큰 변화가 나타나지 않았다. 즉 표면산파한 벼라도 건답 및 담수조건하에서 각각 0% 및 2.5%내외의 뿌리신장이 억제되었고 토중직파 벼의 경우에도 건답 및 담수조건에서 각각 5.8% 및 5.3%의 경미한 생육억제를 나타내었다. 한편 이앙재배벼의 경우 지하부 생육이 11.1% 감소하여 대조적인 경향이였다. 그러나 피의 경우에는 건답조건에서 30.7%, 담수조건에서 40%나 감소함으로써 지상부나 지하부의 생육이 벼에 비하여 현저하

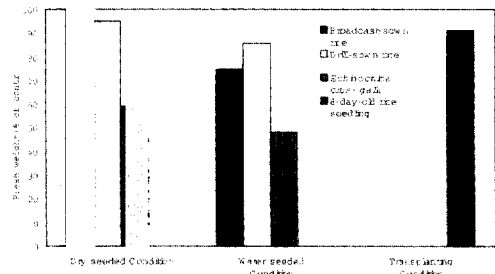


Fig. 2. Effect of molinate on shoot fresh weight of rice and *E. crus-galli* grown under various growing conditions 10 days after application.

감소하였다.

Molinate에 대한 벼의 약해반응은 생체중 관찰결과에서도 살펴볼 수 있었다(Fig. 2) 즉, 표면산파벼의 생체중은 건답조건과 담수조건 각각에서 5% 증가, 24.4% 감소하였으나 토중직파벼에서는 건답과 담수에서 각각 5.3% 및 14.4%의 생체중 감소를 나타내었다. 반면 피의 경우에는 건답 및 담수조건에서 각각 41.8%와 52.3%의 생체중 감소로 벼에 비하여 molinate에 의한 생장억제가 선택적인 경향을 나타내었다. 8 일묘를 이앙재배한 벼는 생체중에 있어서도 molinate의 영향이 거의 없어 생육에 영향을 미치지 않았다.

결국 molinate에 대한 벼의 약해수준은 토양중에 위치하는 종자의 위치에 따라 달라지는 경향이였다. 즉 제초제에 대하여 벼의 뿌리가 얇게 노출될수록 약해가 심해지기 때문에 토중직파한 경우보다 표면산파한 벼의 약해가 높게 나타난 것으로 판단되었다.

Seaman 등¹³⁾이 보고한 담수직파조건에서의 약해가 건답직파벼에서 더 크게 나타나고 약해위험률이 더 높다는 토양처리 경우와는 대조적인 결과를 나타내었는데 이는 경엽처리에 의한 것으로 건답에서의 건조한 환경이 약제흡수력을 증가시키고¹¹⁾, 근근에 미치는 영향은 토양처리제 또는 발생전 처리제와는 달라 적은 영향을 미쳤던 것으로 판단되었다. Shibayama¹⁴⁾는 피와 *Leptochloa*에 대한 benthocarb의 경엽처리에서 지상부의 형태적 변이는 일어나지만

뿌리발육에는 영향을 주지 않는다고 보고하였다. 이와 유사한 반응결과들을 Nakagawa⁹⁾이나 임⁴⁾ 등에 의해서도 보고된 바있다. 또한 이앙벼가 molinate에 대하여 비교적 내성을 보였던 결과도 Nakagawa⁹⁾의 결과와 유사하였다.

2. 解剖形態的 反應

식물의 내부 및 외부의 형태적 차이는 재배 환경에 따라 다르며 특히 수분은 식물체의 구조와 형태에 영향을 미치는 중요한 요소로 건답이나 담수조건에 따라 종자발아 뿐만 아니라 초기 생육에 영향을 미치고 제초제에 대한 선택성을 나타낸다. 벼와 피는 같은 화분과이지만 식물학적으로 차이를 보이는데 C₃ 식물인 벼 잎의 경우 유관속초 세포가 거의 발달하지 않은데 비해 엽육세포가 잘 발달되어 엽록소가 엽육세포에만 존재하나 C₄ 식물인 피의 경우 유관속초 세포가 잘 발달되어 있다.

Molinate 처리에 따른 해부학적 특성변화를 검토하기 위해 재배조건별 채취된 벼와 피를 종단하여 성장점과 엽초내의 엽시원체를 관찰하였다. 각 재배조건별 무처리외의 벼와 피의 해부학적 구조는 Plate 1에서 제시되었다. Molinate 처리후 10일째 건답 및 담수직파조건에서 두 벼의 성장점 및 엽시원체의 해부학적 특성은 무처리에 대비하여 큰 변화가 인정되지 않았다(Plate 2). 그러나 두 조건의 피에서는 지상부 생장의 억제 및 지연에 따른 비정상적인 성장유도로 성장점을 제외한 엽시원체의 신장이 新葉으로 전개되지 못하고 zigzag pattern으로 엽초내에서 뒤틀려지는 현상으로 (kinking) 이루어짐을 볼 수 있었고 이런 경향은 건답조건보다 담수조건에서 더 크게 나타났다(Plate 3). Shibayama¹³⁾는 benthicarb 처리에 따른 *Leptochloa*와 피의 엽시원체에서 zigzag pattern의 비정상적인 성장을 보고한 바 있다. Vantone¹⁵⁾ 등은 피 3엽기에 Oxyfluorfen을 처리한 결과 피의 분얼절 엽시원체가 zigzag pattern의 비정상적인 생장이 유발됨을 관찰하였다. 따라서 벼의 생육반응은 해부학적 특성 반응만으로 해석이 충분히 설명될 수 없으며 molinate의 벼에 대한

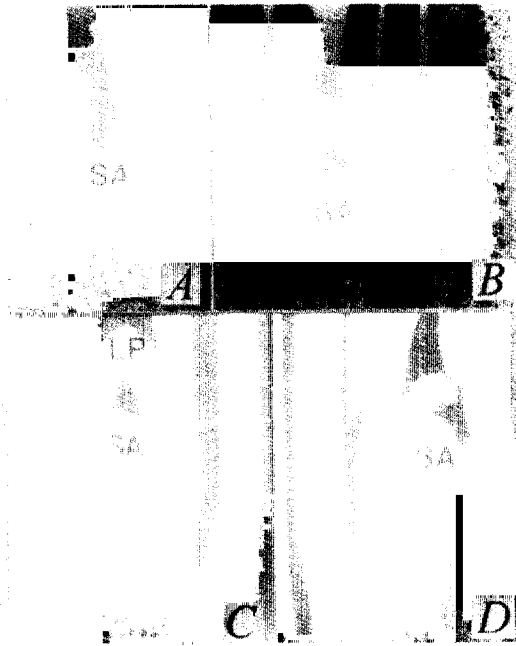


Plate 1. Longitudinal sections of the stems of untreated rice(A,B) and *E. crus-galli*(C,D) seedlings under dry(A,C)-and water(B,D)-seeded conditions. (SA : shoot apex, LP : leaf primordia, LS : leaf sheath.) The bar represents 10 μ m.

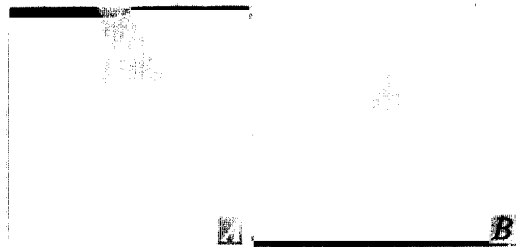


Plate 2. Longitudinal sections of the stems of molinate-treated rice seedlings under dry(A)-and water(B)-seeded conditions 10 days after application. (SA : shoot apex, LP : leaf primordia.) The bar represents 10 μ m.

생육억제는 일시적으로 이루어진 후 경시적으로 회복됨을 암시해 주고 있으나 피의 경우 지상부 성장정지 및 억제가 검경을 통한 해부 형태적 반응으로 보아 생육회복이 어려울 것으로 판단되었다.

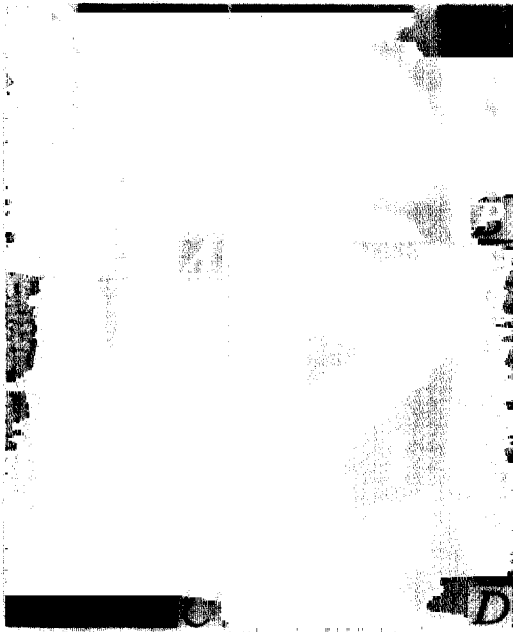


Plate 3. Longitudinal sections of the stems of *E. crus-galli* seedlings treated with molinate under dry(A,B)-and water(C,D)-seeded conditions 10 days after application.(LP : leaf primordia, LS : leaf sheath.) Arrows indicate kinked inner leaf primordia showing zig-zag pattern. The bar represents 10 μ m.

摘 要

Molinate를 경엽처리한 후 10일째 재배양식별 초장을 측정한 결과 건답직파조건에서 표면 및 토중파종벼의 초장은 각각 38%, 6% 억제되어 표면파종벼 초장억제가 더 크게 나타났다. 토중직파종벼 초장은 46%로 크게 억제되었다. 직파조건에서 벼의 초장은 이앙벼에 비해 더 크게 억제되었고 토중직파벼보다 표면직파벼에서 더 큰 억제경향을 보였다. 한편 피의 초장은 벼보다 더 크게 감소되었고 건답조건에서 피보다 답수조건에서 피에서 molinate 처리에 따른 억제경향이 더 크게 나타났다. 건답조건에서의 벼의 근장은 0~6%, 답수직파조건에서 3~5% 그리고 이앙벼에서는 11%로 비교적 경미한 억제를 보였으나 두 재배조건에서 피의 근장억제율은 각각 30% 및 40%로 건답조건보다 답수

조건에서 더 크게 억제되었다.

Molinate처리에 따른 해부학적 특성변화를 검토하기 위해 재배조건별 채취된 벼와 피를 종단하여 성장점(SA : Shoot apex)과 엽초(LS : leaf sheath) 내의 엽시원체(LP : leaf primordia)를 관찰한 결과 molinate 처리후 10일째 건답 및 답수직파조건에서 두 벼의 성장점 및 엽시원체의 해부학적 특성은 무처리에 대비하여 큰 변화가 인정되지 않았다. 그러나 두 조건의 피에서는 지상부생장의 억제(inhibition) 및 지연(정지 : retardation)에 따른 비정상적인 생장유도로 성장점을 제외한 엽시원체의 신장이 新葉으로 전개되지 못하고 zig-zag pattern으로 엽초내에서 뒤틀려지는 양상을 발견할 수 있었으며 이러한 경향은 건답조건에서보다 답수조건에서 더 크게 나타났다.

引用 文 獻

1. Bayer, D.E. and J.E. Hill. 1989. Weed control practices and problem in direct seeded rice culture. 12th. APWSS. 53~56.
2. 具滋玉·權三烈. 1981. 水稻 栽培樣式 差異에 따른 雜草發生 特性研究. 韓雜誌. 1 : 30~43.
3. 具滋玉·鄭淳柱·鄭鳳鉉. 1980. 雜草競合에 관한 研究. 第1報 水稻 栽培 樣式에 따른 雜草競合 構造 解析. 韓雜誌. 25 : 77~86.
4. Hess, F.D. 1987. Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cells. Weed Sci. 3 : 183~203.
5. 任日彬·具滋玉·朴根龍. 1993. 水稻栽培類型別 雜草發生 樣相과 競合特性. 第1報 雜草發生樣相과 優占度 變異. 韓雜誌. 13 : 26~35.
6. Jain, R, and W.H. Vanden Born. 1989. Morphological and histological effects of three grass selective herbicides on developing wild oat (*Avena fatua*) stems. Weed Sci. 37 : 575-584.
7. 驚尾養. 1989. 水稻湛水土壤中直播栽培にお

- ける最近の動向. (1) 栽培技術の成立経過と現状. 農業技術. 44 : 150~153.
8. Lee, H.K., G.H. Yoo, J.Y. Park and I.Y. Lee. 1991. Phytotoxic response of tomato to quinclorac. Kor. J. Weed Sci. 11(supplement) : 78.
 9. Nakagawa, H. 1981. Study on the cultivation of water-subsoil-seeded rice by use of transplanting machine. Ishida Agric. Exp. Rep. 11 : 1-28.
 10. 吳潤鎮・具然忠・李種薰・咸永秀. 1981. 최근 韓國의 논雜草分布에 關하여. 韓雜誌. 1 : 21-29.
 11. Pyon, J.Y., M.H. Kim, H.S. Oak and S.H. Park. 1987. Effect of molinate granular formulations on weed control efficacy and growth of rice plants. Kor. J. Weed Sci. 7 : 316~320.
 12. R.J. Smith. 1981. Control of red rice in water seeded rice. weed sci. 29 : 663~666.
 13. Seaman, D.E. 1983. Farmer's weed control technology for water-seeded rice in Northern America. pp. 167-177. In Proc. Conf. Weed Control in Rice. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laquna, Philippines.
 14. Shibayama H. and J.F. Worley. 1976. Growth responses of barnyardgrass and beared sprangletop seedling to thiobencarb. Weed Sci. 24 : 276-281
 15. Vantone, D.E. and Stobbe, E.H. 1979. Root uptake, traslocation, and metabolism of nitrofluorfen and oxyfluorfen by fababeans(*Vicia faba*) and green foxtail(*Setaria viridis*). Weed Sci. 26 : 89~92