

무경운 재배에서 찰옥수수 교잡종의 수량 및 주요형질의 반응*

이 명 훈

동국대학교 식물자원학과

Response of Yields and Major Characters of Waxy Corn Hybrids under No-Tillage Practice

Lee Myoung-Hoon

Department of Plant Resources, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

〈 목 차 〉

ABSTRACT

I. 서 언

II. 재료 및 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 적 요

인용문헌

ABSTRACT

Saved labor cost, energy conservation, reduced soil erosion, and increase of emergence rate would be expected from no-tillage cultivation of corn. Few research has been reported on the no-tillage effects for waxy corn hybrid. Five waxy corn hybrids were tested under conventional and no-tillage practices to investigate responses of early growth, plant characters, ear characters, fresh yield, and grain yield. Emergence rates under no-tillage were lower than under conventional tillage. Plant heights at early growth stages under no-tillage were higher than those under conventional tillage. Plant height under no-tillage was higher than that under conventional tillage. There were no differences between conventional tillage and no-tillage for ear length, number of kernel

* 본 연구는 동국대학교 논문게재 연구지원으로 수행되었음.

rows, number of kernels per row, 100 kernels weight, fresh yield, and grain yield. This result indicates that no-tillage practice might be recommended for practical method for waxy corn production. Days to tasseling and silking, plant height, ear height, ear length, and number of kernels per row were correlated with fresh and grain yields.

I. 서 언

우리 나라 옥수수 재배는 주로 산간지방을 중심으로 이루어져 왔으나 최근에는 흑조위축병 저항성 품종의 육성으로 재배지역이 확대되고 있다. 그러나 옥수수 재배의 주산지는 강원도의 산간지방을 중심으로 경사지가 대부분으로서 토양유실이 문제가 되고 있다. 이러한 경사지 토양에서 옥수수의 무경운 재배는 토양유실감소 뿐만 아니라 경운에 소요되는 노동력과 에너지를 절감할 수 있고 파종기에 예상되는 한발에 의한 발아율 감소 등에 대한 문제해결에 도움이 될 것으로 사료된다. 지금까지 보고된 무경운 재배에 대한 연구결과는 대부분 사료용이나 종실용 옥수수에 대한 연구이고, 또한 환경 조건에 따라 그 결과가 매우 다양하다. 이러한 불확실한 효과로 인하여 무경운 재배가 쉽게 실용화되지 않고 있는 실정이다.

일반적으로 무경운 재배의 옥수수 수량은 경운 재배에 비하여 비슷하거나 다소 유리한 것으로 보고되었다(Blevins 등, 1983; Meisinger 등, 1985). 그러나 무경운 재배의 효과는 배수가 양호한 다소 건조한 토양에서 크게 나타나고 적정수준의 질소비료가 시용될 때 크다고 하였다. 질소비료가 부족한 경우에는 무경운 재배의 효과가 떨어진다고 보고하였다(Evanylo, 1990). Smart와 Bradford(1999)는 무경운 재배방법은 경운 재배보다 경제성이 있다고 보고하였다. 무경운 재배에서는 요소비료의 표면 살포로 인하여 탈질현상이 나타나 질소비료의 이용효율이 낮아진다고 하였다(Fox와 Piekielek, 1993; Joo 등, 1992; Watson 등, 1994). 따라서 무경운 재배가 보다 실용적인 방법으로 활용되기 위해서는 수량에 대한 연구와 더불어 질소효율을 제고할 수 있는 연구방법도 집중적으로 수행되어야 될 것으로 사료된다.

무경운 재배의 효과는 배수가 불량하고 강수량이 많은 지역에서는 낮다고 보고되었으며(Dick와 Van Doren, 1985) 건조한 기후에서는 효과가 높다고 보고되었다(Sims 등, 1998). 우리나라의 강우 특성은 파종기인 4~5월에 한발이 심하여 발아에 문제가 되고 초기생육에 지장을 초래하는 경우가 많다. 산간 경사지에서는 이러한 현상이 더욱 심하기 때문에 무경운 재배가 더욱 유리할 것으로 생각된다. 토성에 따른 무경운 재배의 효과는 점질토양보다 사질토양에서 유리하다고 보고되었다(Dick 등, 1991). 우리나라 경사지의 토성은 대부분 사질토양으로서 무경운 재배가 유리할 것으로 추정된다.

불완전한 잡초방제가 무경운 재배의 실용화에 제한요인 중의 하나로 보고되었다(Gebhardt 등, 1985; Koskinen과 McWhorter, 1986). 그러나 최근에는 일년생은 물론 다년생 잡초도 쉽게

방제할 수 있는 제초제가 개발 보급되고 있으며, 분해도 비교적 빠르고 환경을 오염시키지 않는 제초제의 등장으로 무경운 재배에 따른 잡초방제의 문제가 해결되고 있다. 단옥수수와 초당옥수수에 대한 무경운 재배 실험에서 풋이삭 수량이나 종실수량에서 차이가 없었으며 주요 형질에서도 차이가 없었고(Lee, 2002), 이러한 결과는 단옥수수와 초당옥수수 재배에서 무경운 재배방법의 가능성을 나타내었다. 최근에는 찰옥수수가 간식용으로 소비자들로부터 인기를 얻고 있으며 찰옥수수 신교잡종의 육성보급으로 앞으로 재배면적이 증가될 것으로 전망된다. 본 연구는 찰옥수수 교잡종에 대하여 무경운 재배시에 수량 및 주요형질의 반응을 검토하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 찰옥수수 교잡종에 대한 무경운 재배시에 수량 및 주요형질의 반응을 구명하고자 2001년 동국대학교 실험농장에서 실시하였다. 공시된 찰옥수수 교잡종은 찰옥1호, 찰옥2호, 두메찰, 흑점찰, 및 미백찰이었다. 찰옥1호와 찰옥2호는 작물시험장에서 육성되었고, 두메찰, 흑점찰 및 미백찰은 강원도 농업기술원 홍천옥수수 시험장에서 육성되었다. 흑점찰은 개화기가 늦은 만생종이고, 흑색과 백색이 분리하는 다색교잡종이었다. 미백찰은 가장 최근에 육성된 교잡종으로서 초세가 강하고 이삭모양이 양호한 우수한 교잡종이었다.

실험설계 방법은 분할구배치법 3반복으로서 경운방법을 주구로 하였고 교잡종을 세구로 하였다. 경운구는 일반 경운재배 방법으로 실시하였고, 무경운구는 제초제를 사용하여 잡초방제를 한 후에 파종하였으며 파종 후 발아억제 제초제를 모든 구에 사용하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 18-10-10kg/10a 수준으로 사용하였고 인산질비료는 전량 기비로 사용하였으며, 질소와 가리는 시비량의 70%를 기비로 사용하였고, 30%를 추비로 옥수수가 본엽 6~7매 자란 시기에 사용하였다. 무경운구에서는 기비에 해당하는 량을 전량 표면살포하였다.

재식밀도는 이랑넓이를 60cm로, 포기사이를 25cm로 하였으며 시험구 크기는 5m×2열로 하였다. 무경운구의 파종은 소형 모종삽을 이용하였고, 파종시에 25cm의 눈금을 새긴 비닐판을 이용하였으며 포기당 3립씩 파종하였다. 출현 후 출현율을 조사한 후에 포기당 2본씩 남기고 속음작업을 하였다. 최종 속음작업은 본엽 6~7매 시기에 실시하였다. 무경운 구에서의 초기생육의 반응을 검토하고자 파종 후 30일, 웅수분화기 및 개화 후 등 3회에 걸쳐 조사하였다. 본 연구가 실시되었던 지역에서는 찰옥수수의 수확적기가 출사 후 25일이 가장 적기이기 때문에 출사 후 25일에 구당 10 이삭씩 수확하여 풋이삭 수량을 조사하였고, 이삭길이, 이삭열수, 열당립수 등을 조사하였다. 종실수량은 성숙기에 구당 10이삭을 수확하여 건조한 후 수분 15%로 보정하여 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

무경운 재배의 평균 출현율은 84%로서 경운구에 비하여 4% 정도 낮았다(Table 1). 무경운구에서 출현율이 낮은 원인은 토양표면이 고르지 않았고 파종시에 토양이 건조하고 단단하여 파종 깊이가 일정하지 않았기 때문으로 생각된다. 무경운구의 80% 이상의 출현율은 옥수수 재배에 전혀 문제가 되지 않는 높은 출현율이다. 교잡종간에는 유의성 있는 차이가 있었으며, 경운구에서는 두메찰이 가장 높았고 무경운구에서는 흑점찰이 가장 높았다.

무경운구의 출용일수는 경운구에서보다 0.6일 빨랐고, 출사일수는 1일 빨랐다. 이와 같은 결과는 무경운구에서 출사일수가 지연되었다는 보고(Vyn과 Raimnault, 1993; Al-Darby와 Lowery, 1984)와는 다른 결과이었다. 교잡종 중에서는 찰옥1호가 가장 빠른 조생종이었고 흑점찰은 가장 늦은 만생종이었다. 출사일수도 출용일수와 비슷한 경향이었고 출용일수와 출사일수의 차이는 1일 미만으로서 개화습성이 비교적 양호하였다.

Table 1. Emergence rate, days to flowering, plant and ear heights of waxy corn hybrids.

Tillage practice ¹⁾	Hybrid	Emergence rate	Days to tasseling	Days to silking	PH-1 ²⁾	PH-2 ³⁾	PH ⁴⁾	EH ⁵⁾
		%	days		cm			
CT	Chalok#1	92.2	51.3	52.0	38	126	242	83
	Chalok#2	76.4	55.0	57.3	31	118	228	88
	Dumechal	93.0	55.0	56.7	36	121	233	95
	Heugjeomchal	90.2	64.3	66.0	36	112	275	130
	Mibaegchal	88.9	57.0	57.0	33	119	263	108
	Mean	88.1	56.5	57.8	35	119	248	101
NT	Chalok#1	81.9	51.3	52.0	37	130	258	92
	Chalok#2	75.0	54.0	54.7	36	130	258	92
	Dumechal	88.0	55.3	56.7	39	126	257	108
	Heugjeomchal	90.8	63.3	64.7	39	117	280	135
	Mibaegchal	84.3	55.3	55.7	39	132	280	117
	Mean	84.0	55.9	56.7	38	126	264	109
F-test	T	*	*	*	*	*	*	NS
	H	**	**	**	NS	**	**	**
	T×H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

1) Tillage practice : CT=Conventional tillage, NT=No-tillage.

2) PH-1 : Plant height at 30 days after planting.

3) PH-2 : Plant height at tassel initiation stage.

4) PH : Plant height.

5) EH : Ear height.

*, **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

NS : Not significant.

파종 후 30일, 응수분화기 및 개화기의 초장은 공히 경운구보다 무경운구에서 길었다. 무경운구에서의 초기생육의 정도를 알 수 있는 파종 후 30일의 평균 초장은 3cm 정도 길었고, 응수분화기에서는 7cm 정도 길었다. 무경운구에서 초기생육이 왕성하였던 원인은 본 연구기간 동안 특히 파종기부터 6월 중순까지 한발이 심하였고 관개를 하였지만 토양수분이 충분치 못한 상태이었기 때문에 무경운 재배의 효과가 더 크게 나타났던 것으로 사료된다. 최종의 초장은 무경운구에서 16cm 정도 더 길었으며 초기생육이 왕성하였던 무경운구에서 후기까지 생육이 왕성하였다. 경운구에서는 흑점찰이 가장 길었고, 무경운구에서는 흑점찰과 미백찰이 길었다.

이삭길이 및 수량구성요소는 경운구와 무경운구간에 유의성이 없었다(Table 2). 이삭길이에서는 흑점찰이 가장 길었고 찰옥2호가 가장 짧았다. 이삭모양은 본 연구의 자료에는 보고되지 않았지만 교잡종 중에서는 미백찰이 가장 양호하였으며 이삭길이도 비교적 길고 상품가치가 높은 우수한 교잡종이었다. 이삭열수는 이삭모양이 가장 우수한 미백찰이 경운구와 무경운구에서 모두 가장 적어 이삭열수가 적은 교잡종이 이삭모양이 양호한 것으로 나타났으며 열당립수는 이삭길이가 가장 긴 흑점찰이 가장 많았고 이삭길이가 비교적 짧은 찰옥1호와 찰옥2호가 적었다. 이와 같은 결과는 공시된 교잡종 중에서 최근에 육성된 교잡종일수록 이삭길이가 길고 이삭열수가 적으며 열당립수가 많은 것으로 나타나, 앞으로 찰옥수수의 육종에서 이삭형태는 길이가 길고 이삭열수가 적을 것이 바람직 한 것으로 나타났다. 100립 중에서는 이삭형태가 가장 양호하였던 미백찰이 경운구와 무경운구에서 공히 가장 무거웠으며, 경운방법과 교잡종간의 상호작용이 유의성이 있었다.

Table 2. Ear characters and yields of waxy corn hybrids.

Tillage practice	Hybrid	Ear length	No. of kernel rows	No. of kernel per row	100-kernel weight	Fresh yield	Grain yield
		cm	no.		g	kg/10a	
CT	Chalok#1	13.9	14.4	27.5	19.6	1923	467
	Chalok#2	13.1	14.0	27.1	21.6	2040	488
	Dumechal	16.7	13.2	34.3	22.0	2544	6.9
	Heugjeomchal	18.0	14.1	35.3	22.5	2409	784
	Mibaegchal	17.7	12.6	31.9	25.1	2797	594
	Mean	15.9	13.7	31.2	22.2	2343	590
NT	Chalok#1	14.5	14.0	26.0	22.8	2069	491
	Chalok#2	14.0	14.2	28.2	22.0	2125	514
	Dumechal	16.2	13.3	32.6	20.9	2389	605
	Heugjeomchal	18.3	13.9	36.1	21.6	2533	800
	Mibaegchal	18.0	12.4	32.1	23.0	2773	595
	Mean	16.2	13.6	31.0	22.1	2378	601
F-test	T	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	H	**	**	**	**	**	**
	T×H	NS	NS	NS	*	NS	NS

꽃이삭 수량과 종실수량은 경운구와 무경운구간에 차이가 없었으며, 이와 같은 결과는 찰옥수수의 무경운 재배가 토양유실 방지, 에너지 및 노동력 절감, 한발시에 수분보존 등의 관점에서 보면 앞으로 가능한 재배방법으로 생각되지만, 재배농민에게 실용적으로 권장되기 위해서는 다양한 환경조건에서 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 꽃이삭 수량에서는 경운구와 무경운구 공히 찰옥1호가 가장 낮았으며 미백찰이 가장 높았으며, 최근에 육성된 두메찰과 흑점찰도 비교적 높았다. 종실중에는 흑점찰이 경운구와 무경운구에서 가장 높았으며 그 다음으로는 두메찰이 높았다. 꽃이삭 수량이 가장 높았던 미백찰의 종실수량이 만생종인 흑점찰보다 낮았다. 흑점찰의 종실수량이 가장 높았던 원인은 만생종이기 때문에 생육후기까지 광합성이 양호하여 건물축적이 많았던 것으로 사료된다. 이러한 결과는 앞으로 찰옥수수를 재배할 때 꽃이삭 수량 또는 종실수량 등 목적이 다를 때는 교잡종의 선택에 유의할 필요성이 있을 것으로 사료된다. 찰옥수수는 아밀로펙틴 전분의 생산에 필수적이기 때문에 종실중을 목적으로 재배할 때는 재배기간이 긴 만생종 교잡종이 유리할 것으로 추정된다. 주요형질 및 수량간의 상관관계를 보면 개화기가 늦은 만생종이 일반적으로 초장, 착수고, 이삭길이, 열당립수 등이 양호하였다(Table 3).

Table 3. Correlation coefficients among plant characters, ear characters, and yields.

Character	TAS	SILK	PH-1	PH-2	PH	EH	EL	ROW	KNL	WT	FRE	GRAIN
Emergence rate	0.34	0.32	0.40	-0.29	0.50	0.37	0.60	-0.19	0.64	-0.11	0.40	0.53
Days to tasseling (TAS)		**	0.05	-0.77	0.61	0.90	0.72	-0.02	0.82	0.21	0.48	0.95
Days to silking (SILK)			0.01	-0.81	0.52	0.85	0.65	0.04	0.80	0.13	0.40	0.93
Plant height at 30 DAP ¹⁾ (PH-1)				*	0.46	0.53	0.36	-0.04	0.32	-0.38	0.13	0.30
Plant height at TIS ²⁾ (PH-2)						-0.04	-0.43	-0.30	-0.52	-0.11	-0.13	-0.62
Plant height(PH)						**	0.87	0.80	-0.33	0.56	0.37	0.59
Ear height(EH)							**	0.88	-0.26	0.83	0.29	0.65
Ear length(EL)								**	-0.59	0.89	0.47	0.89
Kernel row(ROW)									*	-0.37	-0.62	-0.86
Kernel per row (KNL)										**	0.74	0.92
100-kernel weight (WT)											**	0.16
Fresh yield(FRE)												**
												0.57

1) DAP : Days After Planting. 2) TIS : Tassel Initiation Stage.

이와 같은 결과는 만생종이 조생종보다 생육이 왕성하였기 때문으로 생각된다. 초장과 착수고는 이삭길기와 열당립수, 수량 등과 정의 상관 관계를 보였으며, 이삭열수는 대부분의 형질과 부의 상관을 나타내어 이삭열수가 많은 교잡종이 바람직하지 않은 것으로 나타났다. 출용일수와 종실수량간에는 고도의 정의 상관($r=0.95^{**}$)을 보였고, 이삭길이는 꽃이삭 수량($r=0.89^{**}$)과 종실수량($r=0.84^{**}$)과 고도의 정의 상관관계를 나타내었다(Fig. 1·2·3).

이와 같은 결과는 찰옥수수의 수량은 개화기가 늦은 만생종이 수량이 높고, 이삭특성 중에서는 이삭길이가 긴 교잡종이 유리한 경향을 나타내었다.

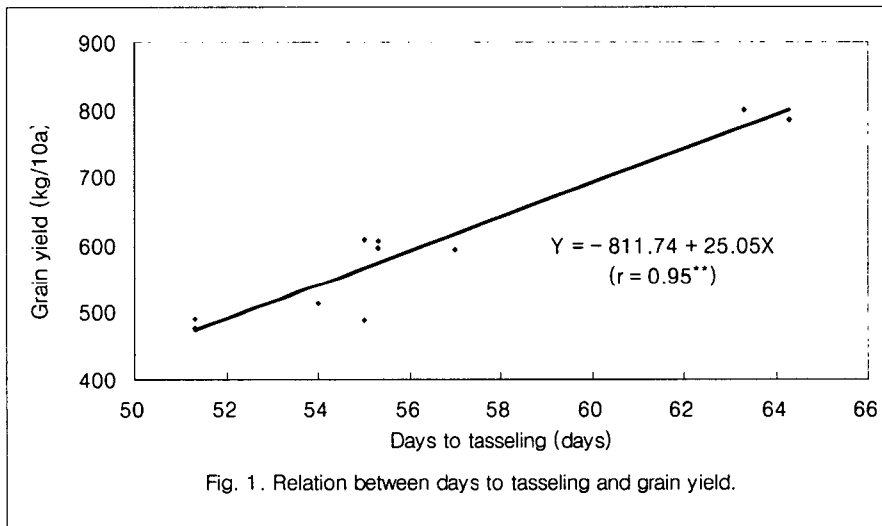


Fig. 1. Relation between days to tasseling and grain yield.

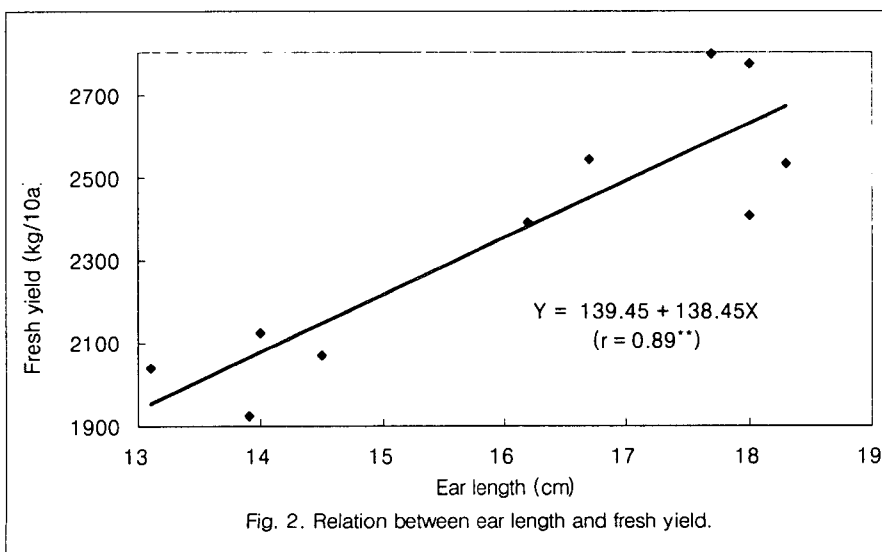
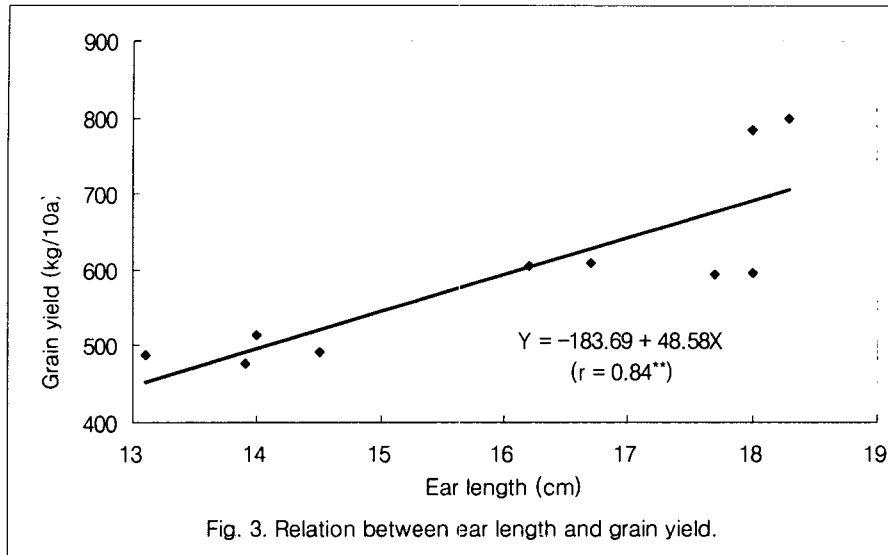


Fig. 2. Relation between ear length and fresh yield.



IV. 적 요

본 연구는 찰옥수수의 무경운 재배의 가능성을 구명하고자 5개의 찰옥수수 교잡종을 공시하여 경운 재배와 무경운재배에서 풋이삭수량, 종실수량, 및 주요형질의 반응을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 경운 구에 비하여 무경운구에서는 출현율이 4% 정도 낮았고, 출용일수와 출사일수가 다소 빨랐으며, 생육초기와 후기의 초장은 길었다.
2. 이삭길이 및 수량구성요소는 경운구와 무경운구의 차이가 없었으나, 교잡종간에는 유의성이 있었다.
3. 무경운구의 풋이삭수량과 종실수량은 경운구와 차이를 보이지 않아 무경운재배의 가능성을 나타내었다.
4. 출용일수, 출사일수, 초장, 이삭길이는 풋이삭수량 및 종실수량과 상관관계를 나타내었다.

인용문헌

- Al-Darby, A. M., and B. Lowery. 1984. Effects of conservation tillage on corn growth. Pap. 84-1033. ASAE, St. Joseph. MI.
- Blevins, R. L., G. W. Thomas, M. S. Smith, W. W. Frye, and P. L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil Tillage Res.* 3 : 135-146.
- Dick, W. A., and D. M. Van Doren, Jr. 1985. Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean, and oat yields. *Agron. J.* 77 : 459-465.
- Dick, W. A., E. L. McCoy, W. M. Edwards, and R. Lal. 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. *Agron. J.* 83 : 65-73.
- Evanylo, G. K. 1990. Dry corn response to tillage and nitrogen fertilization. I. Growth-yield-N relationships. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21 : 137-151.
- Fox, R. H., and W. P. Piekielek. 1993. Management and urease inhibitor effects on nitrogen use efficiency in no-till corn. *J. Prod. Agric.* 6 : 195-200.
- Gebhardt, M. R., T. C. Daniel, E. E. Schweizer, and R. R. Allmaras. 1985. Conservation tillage. *Science (Washington, DC)* 230 : 625-630.
- Joo, Y. K., N. E. Christians, G. T. Spear, and J. M. Bremner. 1992. Evaluation of urease inhibitors as urea amendments for use on Kentucky bluegrass turf. *Crop Sci.* 32 : 1397-1401.
- Koskinen, W. C., and C. G. McWhorter. 1986. Weed control in conservation tillage. *J. Soil Water Conserv.* 41 : 365-370.
- Lee, M. H. 2002. Growth and yield performance in no-till cultivation of *sugary* and *shrunk-2* corn hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 47(5) : 384-389.
- Meisinger, J. J., V. A. Bandel, G. Stanford, and J. O. Legg. 1985. Nitrogen utilization of maize under minimal tillage and moldboard plow tillage : I. Four-year results using labeled N fertilizer on an Atlantic coastal plain soil. *Agron. J.* 77 : 602-611.
- Sims, A. L., S. S. James, R. A. Olson, and J. F. Power. 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till : Tillage and surface-residue variables. *Agron. J.* 90 : 630-637.
- Smart, J. R., and J. M. Bradford. 1999. Conservation tillage corn production for a semiarid, subtropical environment. *Agron. J.* 91 : 116-121.

- Vyn, T. J., and B. A. Raimnault. 1993. Longer-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.* 85 : 1074-1079.
- Watson, C. J., H. Miller, P. Poland, D. J. Kilpatrick, M. D. B. Allen, M. K. Garrett, and C. B. Christianson. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide(nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biol. Biochem.* 9 : 1165-1169.