

보리이모작 만파 옥수수의 품종별 생육 및 수량변화

서종호[†] · 손범영 · 이재은 · 권영업 · 정건호 · 백성범 · 성장훈 · 김옥한

농촌진흥청, 국립식량과학원

Changes of Growth and Yield of Late-planted Maize Cultivar for Double Cropping with Barley

Jong-Ho Seo[†], Beom-Young Son, Jae-Eun Lee, Young-Up Kwon, Gun-Ho Jung, Sung-Beom Back, Jang-Hoon Sung, and Wook-Han Kim

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT Maize double cropping with winter cereals is important for round-year production of forage or grain, and increase of self-sufficiency of upland grain crops such as maize and wheat. Changes of maize growth and yield for forage or grain according to late planting in June for double cropping with winter barely were investigated compared to proper planting in April for three years from 2007 to 2009. Forage and grain yields of maize planted in mid or late June decreased by 20~30% compared to proper planting in April, but total grain yields per year of double cropping increased by 30~40% compared to single cropped maize. Reduction of ear dry matter was less than that of stalk in late planting within maize plant part. Yield reduction by late planting was the least at Kwangpyeongok, which showed the highest grain yield, 850 kg 10a⁻¹ in even though late planting in June. Meteorological condition during harvesting time of double cropped maize, which in late September (forage) and mid October (grain), were better than that of conventional maize harvesting time which in late August and mid September. It is thought that more researches for double cropped maize for higher grain production is needed in the future.

Keywords : maize, barley, double cropping, late planting, cultivar

대부분 수입에 의존하는 밀, 옥수수 등 국제 곡물가격 급등 및 불안정은 국내 배합사료의 가격을 급등시켜 축산농가의 어려움이 가중되고 있는 데에다 국내 쌀 소비량의 감소(75 kg/년/인)와 단위면적당 수량성 증가에 따른 양곡의 재고

증가는 논에서 대체 발작물 재배를 요구하는 실정이다. 따라서 곡물의 외국의존도를 줄이기 위해서는 국내 자급사료의 생산증대를 통해 사료급여의 조농비율의 개선하고 수입 배합사료용 곡물을 감소시키는 것이 필요하며, 또한 벼 대체 발작물 생산을 위해서는 수입량이 많은 옥수수(900만톤/년)와 밀(270만톤/년)을 논에서 년중 생산하는 작부체계가 요구되어지고 있다.

옥수수의 대부분을 자급자족하는 중국에서는 남한과 비슷한 위도의 산둥성, 하남성에서 밀이모작으로 옥수수를 대대적으로 생산하므로 품종 및 재배법 등이 확립되어 있지만 (Ping *et al.*, 2009) 우리나라는 옥수수 재배에서 단작으로 4월 중·하순 파종 및 청예용 호밀 이모작으로 5월 중순에 파종하는 사료용옥수수 외에는 개발된 품종 및 재배법이 없는 실정이다. 옥수수-동계맥류 이모작 재배에서는 청예용 호밀 수확 후 이모작으로 5월 중순에 사료용옥수수를 파종하는 작부체계가 이루어지고 있지만, 근래에 청보리의 품종 및 재배법이 개발되어, 국내 생산 및 수급 기반이 확충됨에 따라 청보리 수확 후 사료용옥수수를 이모작으로 6월 초·중순에 파종하는 경향이 증대되고 있다. 중부지방에서는 청보리의 출수기가 5월 2일 전후로 청보리의 적정수확기는 출수 후 25~30일 사이이므로(윤 등, 2009) 청보리이모작 옥수수의 파종은 빨라야 6월 초순 이후에야 이루어 질 수 있다.

사일리지용 옥수수를 5월 초순까지 파종하면 사료의 수량이 4월 파종할 때와 큰 차이가 없지만, 5월 중순 및 하순에서부터 감소하기 시작하여 6월 상순이후에 파종하면 수량성이 현저히 감소하게 된다(이 등, 1981; 김 등, 1999; Kratochvil *et al.*, 2005; 손 등, 2009). 수량성 감소의 원인은 간엽 등 생육량의 감소에 수반한 전체 건물수량이 감소되기 때문이지만, 특히 이삭을 맺지 못하는 포기 증가와 이삭당립수 증

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6763
(E-mail) sseo@korea.kr <Received August 9, 2010>

sink size의 감소가 큰 원인이라고 한다(Pendleton & Egli, 1969). 4월 중하순 및 5월 초중순에 사료용 옥수수를 파종할 경우에는 8월 하순 및 9월 초순의 무덥고, 강우확률이 높은 시기에 수확이 이루어지므로 수확작업이 힘들고, 수량안정성이 낮은 단점을 가지고 있다. 그런데 청보리 수확 후 6월에 파종한 옥수수는 9월 하순 및 10월 상순에 수확이 가능하므로 수량만 감소되지 않는다면 수확작업은 편하게 할 수 있는 장점도 있다.

현재 옥수수의 재배 추세는 단작보다는 사료용 호밀 또는 보리와 이모작을 통한 년중 사료공급 및 연간 전체수량성 제고를 추구하고 있어 청예용 호밀후작의 5월 중순 파종뿐만 아니라 6월 만파 시에도 수량이 감소하지 않는 품종 및 재배기술의 개발이 요구되어지고 있다. 또한 동계 보리 및 밀을 사료용이 아닌 종실용으로 이용할 경우에는 보리 및 밀의 수확이 6월 초중순에 이루어지기 때문에 후작 옥수수의 파종은 6월 하순에야 파종이 가능하게 되어 6월 하순의 늦은 파종에도 수량이 감소하지 않는 품종 및 재배법의 개발이 필요할 것으로 보인다. 현재 지구온난화에 따라 중부 지역에서도 유효적산온도 및 작기가 계속적으로 증가되고 있어 보리(밀)-옥수수의 이모작을 위한 기후적인 여건은 향상되어 지고 있는 상태라고 할 수 있다.

따라서 본 시험에서는 동계 보리의 이모작으로 6월 중하순의 만파 시 품종별로 기존의 4월 및 5월의 옥수수 파종에 대한 생육 및 수량의 감소정도를 조사하여 6월 만파 적응 국내 옥수수 품종을 선발하고, 그에 대한 재배 기초자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2007년부터 2009년까지 3년 동안 국립식량과학원 발작물 시험연구포장에서 수행하였다. 옥수수의 파종기는 2007년은 단작용 옥수수는 4월 24일, 이모작용 옥수수는 6월 13일에 파종하였다. 2007년 파종한 옥수수의 품종은 광평옥 및 강다옥 2품종이었다. 2007년 10월 18일에 보리(영양보리)를 조간 25 cm 간격으로 세조파하였고, 이듬해 청보리용으로는 5월 27일, 종실용으로 6월 21일 수확하였다. 2008년 옥수수는 청보리 후작으로 5월 31일 및 종실용 보리 후작으로 6월 21일 파종하였는데, 사용된 품종은 광평옥, 강다옥 및 청안옥이었다. 2008년 옥수수 수확 후에는 10월 21일 영양보리를 파종하여 다음해 6월 16일 종실용 보리를 수확하였다. 2009년도에는 단작용 옥수수는 4월 23일에 파종하였고, 보리이모작은 6월 19일에 파종하였는데, 사용된 품종은 광평옥, 장다옥, 청안옥, 강일옥이었다.

옥수수의 재식밀도는 75×20 cm (6,600본 $10a^{-1}$)로 하였다. 1주당 2립씩 심어 3~4엽기에 1주에 1개체만 남기고 솟아주었다. 시험구당 면적은 $25 m^2$ (5×5 m) 이었고 시험구 배치는 파종기별 난괴법 5반복으로 하였다. 제초는 파종시 토양처리제 알라클로르 입제를 살포하였고, 생육 중에 발생하는 잡초는 손제초하였다. 옥수수에 대한 전체 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 18-3-3.4 kg $10a^{-1}$ 로, 기비로 N-P₂O₅-K₂O = 3-3-3.4 kg $10a^{-1}$ 을 사용하고 질소의 15 kg $10a^{-1}$ 은 파종 후 7~8엽기에 추비로 사용하였다. 보리에 대한 전체시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9-3-3.4 kg $10a^{-1}$ 로, 기비로 N-P₂O₅-K₂O = 3-3-3.4 kg $10a^{-1}$ 을 사용하고 질소의 6 kg $10a^{-1}$ 은 월동 후 3월초에 추비로 사용하였다.

옥수수는 출사기를 조사하였고, 출사기까지의 유효적산온도(growing degree days : GDD)는 Gilmore *et al.* (1958)의 방법을 이용하였다. 출사기에 간장, 착수고, 간경 등 식물체 생육을 조사하였다. 수확은 사일리지용 옥수수의 생리적 성숙기(출사후 50일 전후)에 하였다. 수확은 $6 m^2$ (3×2 m)면적 안에 있는 옥수수를 수확 후 주수, 이삭수를 조사하여 이삭달림울을 조사하였다. 수확된 전식물체의 생체중을 측정하고, 이삭을 분리하여 이삭중을 측정하였다. 평균생육을 나타내는 이삭 10개체, 간엽 3개체를 채취하여 간엽은 절단 후 건조기에서 5일 건조(70°C) 후 건물중의 측정 및 건물율을 구하여 전체 건물중을 환산하였다. 이삭은 자연 건조하여 이삭장 및 이삭경을 조사하고, 수분함량 15% 내외에서 탈곡하여 종실중을 측정하였고, 옥수수의 종실수량은 수분 15.5%로 보정하였다(종실중). 종실중 측정후 알곡 및 cob를 건조기에서 약 5일 건조(70°C)하여 이삭의 건조중 및 건물중을 구하고 전체 이삭중을 측정하였다(사료용). 옥수수 TDN수량은 Pioneer Hi-bred사가 제시한 TDN (Total Digestible Nutrients) = (경엽건물수량 \times 0.582) + (암이삭 건물수량 \times 0.85)의 식에 의하여 계산하였다(Holland *et al.*, 1990).

보리는 출수기와 출수기 간장, 이삭장 및 이삭수를 조사하였고, 청보리용으로는 출수 후 25일(2008년 5월 27)에 수확하였고, 종실용으로는 출수 후 46~50일(2008년 6월 21일, 2009년 6월 16일)에 수확하였다. 수확면적은 $3m^2$ (1.5×2 m) 이었다. 사료용은 생체중 측정 후 시험구당 1 kg의 샘플을 건조하여 조사하였고, 청보리 TDN 함량은 건물중에 65%를 적용하였다(권, 2004). 종실용은 탈곡 후 자연 건조 후 측정하였고, 수분함량 14%로 보정하였다.

옥수수 시험이 실시된 2007년 4월부터 10월까지의 기상은 Fig. 1에 나타내었다. 시험 3년 동안 옥수수 재배 시 평균기온은 거의 같은 변화의 패턴을 보였지만 2008년도에는 7월 중 온도가 다소 높은 경향을 보였다. 순별 강우량은 4

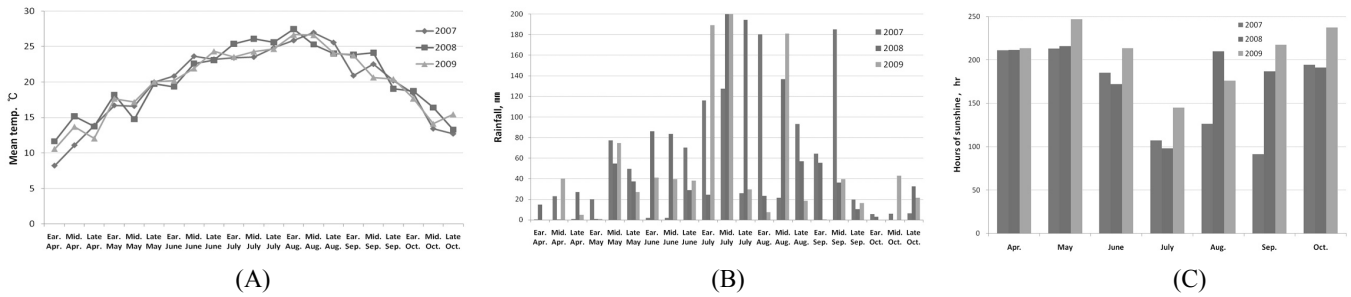


Fig. 1. Weather condition during corn growing seasons of three experimental years ; (A) mean temperature, (B) rainfall, (C) hours of sunshine.

Table 1. Changes of maize growth status affected by planting date and cultivar in 2007.

Planting date	Hybrid	Silking stage			Stalk height (cm)	Stem diameter (cm)	Ear height ratio (%)	Ear set ratio (%)
		Silking date	Days to silking (days)	GDD (°C)				
April 24	Kwangpyeongok	7.13	80	802	290	23.5	50.3	100
	Kangdaok	7.17	84	858	291	23.8	56.2	99
	LSD(0.05)	-	2	16	ns	ns	1.6	ns
June 13	Kwangpyeongok	8.16	64	907	243	22.0	48.8	98
	Kangdaok	8.17	65	929	249	21.3	54.8	89
	LSD(0.05)	-	ns	ns	ns	ns	3.9	6

Table 2. Changes of maize dry matter, forage and grain yield affected by planting date and cultivar in 2007.

Planting date	Hybrid	Ear DM (kg 10a ⁻¹)	Stover DM (kg 10a ⁻¹)	Total DM (kg 10a ⁻¹)	Ear DM ratio (%)	TDN yield (kg 10a ⁻¹)	Grain yield (kg 10a ⁻¹)
April 24	Kwangpyeongok	950	963	1,913	49.8	1,368	980
	Kangdaok	954	1,075	2,029	46.0	1,437	969
	LSD(0.05)	ns	98	ns	2.6	ns	ns
June 13	Kwangpyeongok	732 (77%) [†]	714 (74%)	1,445 (76%)	50.7	1,037 (76%)	710 (72%)
	Kangdaok	636 (67%)	782 (73%)	1,419 (70%)	45.0	996 (69%)	617 (64%)
	LSD(0.05)	70	ns	ns	5.2	ns	68

[†]Ratio of late planting to proper planting.

월, 5월 초순과 9월 하순 및 10월이 적었으며, 5월 중순부터 9월 상순까지는 대체적으로 많았는데, 특히 7월 초순부터 8월 중순에 많았다. 월별 일조시간은 2007년도의 7, 8, 9월이 강우일수가 많았던 관계로 일조시간이 적었던 것 외에 대체적으로 비슷한 경향을 보였다.

결 과

2007년 파종기별 옥수수의 생육상황을 보면(Table 1) 6월 13일 만파는 출사가 8월 중순으로 4월 13일의 적파의 출사기 7월 중순에 비하여 약 1달 정도 늦었다. 그렇지만 파종기에서 출사기까지 일수는 만파가 적파에 비해 약 20일 정도 적었다. 유효적산온도는 만파가 적파에 비하여 약 100°C 정도 높았다. 간장 및 간경은 만파가 적파에 비해 감

소하였고, 착수고율(간장에 대한 착수고의 비율)이 만파에 따라 감소하는 경향을 보였다. 품종간의 생육의 차이를 보면 적파 및 만파 모두 두품종간 큰 차이를 보이지 않았지만 적파에서 강다옥이 출사일수가 길었고, 착수고율이 두 파종 시기 모두 높았다. 이삭달림율을 보면 적파에서는 두 품종 모두 100% 내외로 차이가 없었지만, 만파에서는 광평옥은 98%로 적파와 비슷하였고 강다옥은 89%로 감소하였다.

2007년 파종기 및 품종에 따른 수량성 변화를 보면(Table 2), 2007년도는 2008년 및 2009년에 비해 수량이 다소 감소하는 경향을 보였는데, 이것은 주로 2007년도의 7, 8, 9월의 일조량이 적었기 때문으로 보였다. 6월 13일 만파는 4월 24일 적파에 비해 수량성이 많이 감소하였는데, 만파 시 이삭 건물, 간엽건물, 전건물, TDN 및 종실의 수량이 적파에 비해 광평옥은 72~77%, 강다옥은 64~73%로 약 30% 내외

Table 3. Barley (cultivar Youngyang) growth and yield by harvest date in 2008 and 2009.

Year	Heading date	Harvest date	Stem length (cm)	Spike length (cm)	Spike number (No. m ⁻²)	Total DM (TDN) yield (kg 10a ⁻¹)	Grain yield (kg 10a ⁻¹)
2008	May 2	May 27 (forage)	92	5.0	408	1,312 (846)	-
	"	June 21 (grain)	88	4.9	343	-	772
2009	May 3	June 16 (grain)	82.9	5.0	354	-	804

Table 4. Changes of maize growth status affected by planting date and cultivar in 2008.

Planting date	Hybrid	Silking stage			Stalk height (cm)	Stem diameter (cm)	Ear height ratio (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Ear set ratio (%)
		Silking date	Days to silking (days)	GDD (°C)						
May 31	Kwangpyeongok	8.5	66	668	261	23.3	48.4	17.3	51.3	99
	Kangdaok	8.7	68	715	260	24.8	52.1	19.1	52.3	100
	Cheonganok	8.4	66	657	241	22.2	50.0	18.8	48.0	101
	LSD (0.05)	-	1	10	15	1.1	2.7	0.6	0.5	ns
June 21	Kwangpyeongok	8.18	58	894	243	22.8	45.3	16.0	47.9	100
	Kangdaok	8.21	62	936	225	22.7	52.1	16.8	48.1	100
	Cheonganok	8.18	58	894	208	19.9	45.6	17.9	45.3	101
	LSD (0.05)	-	2	28	14	1.6	2.2	0.8	0.9	ns

감소하였다. 이삭비율(전체건물중에서 이삭이 차지하는 비율)은 광평옥이 적파 및 만파 모두 높았다. 이삭건물중은 적파에서 광평옥과 강다옥은 차이를 나타내지 않았지만 만파시 이삭달림율이 높았던 광평옥이 강다옥에 비해 감소량이 적었다(광평옥 77%, 강다옥 67%) 간엽건물중은 적파에서는 강다옥이 많았지만 만파에서는 차이를 보이지 않았다. 간엽이 포함된 TDN 수량은 적파 및 만파 모두 차이를 보이지 않았지만, 종실수량에서는 광평옥이 만파에서 이삭이 증가함에 따라 강다옥보다 100 kg 10a⁻¹ 정도 증가하였다.

Table 3은 2008년 및 2009년도의 5월 하순과 6월 중하순에 수확한 보리의 생육 및 수량성을 나타낸 것이다. 2008년의 5월 27일 청보리용으로 수확한 보리는 건물 1,312, TDN 846 kg 10a⁻¹의 수량을 나타내었으며, 2008년 6월 21일 및 2009년 6월 16일 종실로 수확한 보리는 772 및 804 kg 10a⁻¹의 종실수량을 나타내었다.

2008년 청보리 후작으로 5월 31일 파종한 것과 보리종실 후작으로 6월 21일 파종한 옥수수의 생육 차이를 보면(Table 4), 출사기가 5월 31일 파종이 8월 4~8일, 6월 21일 파종이 8월 18~21일로 약 13~14일 차이를 나타내었다. 출사일수는 두 파종기간 약 8일 정도 차이를 나타내었다. 두 파종기간의 간장, 간경 및 착수고율은 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 이삭길이 및 이삭두께는 5월 31일 파종에 비해 6월 21일이 감소하는 경향을 보였다. 품종간에서는 두 파종기 모두 강다옥의 출사기가 늦고, 착수고율이 높았지만 광평옥과 청

안옥은 차이가 없었다. 간장, 간경 및 이삭두께 등에서 청안옥이 광평옥과 강다옥에 비해 다소 감소하였다.

2008년도의 파종기 및 품종 간 수량성의 변화를 보면(Table 5), 일조가 나뉘던 2007년에 비해 5월 31일 및 6월 21일 파종에서 훨씬 수량성이 좋았다. 만파에 따른 수량성 감소 정도를 보면 6월 21일 만파가 5월 31일 파종의 70~80%의 수량성을 나타내었다. 옥수수 품종간 차이를 보면 두 파종시기 모두 강다옥, 광평옥 및 청안옥 순으로 수량성이 감소하였다. 이삭건물중, TDN 및 종실수량은 5월 31일 파종에서 차이가 없었다. 그러나 6월 21일 파종에서는 이삭건물중, TDN 및 종실중이 뚜렷한 차이를 나타내어 광평옥이 가장 높고, 청안옥 및 강다옥의 순으로 감소하였다. 특히 강다옥은 만파에 따라 이삭 및 종실수량이 현저히 감소하여 5월 31일 파종의 66~67%를 나타내었다. 그에 비해 광평옥은 이삭건물중 및 종실수량이 5월 31일 파종의 80~81%를 나타내어 만파에 의한 수량감소의 폭이 가장 적었다. TDN 수량도 6월 21일 만파에서 광평옥이 가장 높았다.

2009년도 파종기 및 품종별 옥수수의 생육변화는 Table 6에 나타내었다. 출사기를 보면 4월 23일 파종은 출사기가 7월 10~13일로 6월 19일 파종의 8월 14~17일 출사기보다 약 35일 정도 빨랐다. 출사일수는 만파가 약 20일 내외였는데, 파종기가 54일 정도 차이가 난 것을 감안할 때 6월 19일로 파종기를 늦춤에 따라 출사일수를 약 34일 정도 당길 수 있었다. 2009년도의 출사기까지의 적산온도는 4월

Table 5. Changes of maize dry matter, forage and grain yield affected by planting date and cultivar in 2008.

Planting date	Hybrid	Ear DM (kg 10a ⁻¹)	Stover DM (kg 10a ⁻¹)	Total DM (kg 10a ⁻¹)	Ear DM ratio(%)	TDN yield (kg 10a ⁻¹)	Grain yield (kg 10a ⁻¹)
May 31	Kwangpyeongok	1,077	942	2,018	53.3	1,463	1,050
	Kangdaok	1,050	1,071	2,121	49.5	1,516	1,036
	Cheonganok	1,084	871b	1,955	55.3	1,428	1,108
	LSD (0.05)	ns	133	156	4.2	ns	ns
June 21	Kwangpyeongok	859 (80%) [†]	733 (78%)	1,592 (79%)	53.8	1,157 (79%)	854 (81%)
	Kangdaok	698 (67%)	817 (76%)	1,516 (71%)	46.0	1,069 (71%)	683 (66%)
	Cheonganok	758 (70%)	602 (69%)	1,360 (70%)	56.0	995 (70%)	771 (70%)
	LSD (0.05)	58	94	149	1.5	102	59

[†]Ratio of late planting to proper planting

Table 6. Changes of maize growth status affected by planting date and cultivar in 2009.

Planting date	Hybrid	Silking stage			Stalk height (cm)	Stem diameter (mm)	Ear height ratio (%)	Ear length (cm)	Ear diameter (mm)	Ear set ratio (%)
		Silking date	Days to silking (days)	GDD (°C)						
April 23	Kwangpyeongok	7.13	81	801	276	27.4	53	17.0	51.8	99
	Jangdaok	7.13	81	801	269	25.4	49	19.8	48.8	81
	Cheonganok	7.11	79	775	255	24.4	54	18.2	47.2	101
	Kangilok	7.10	78	761	286	26.0	49	18.4	49.6	100
	LSD (0.05)	-	0	0	13	1.3	2	0.5	1.2	5
June 19	Kwangpyeongok	8.17	59	862	266	23.0	47	16.4	51.0	99
	Jangdaok	8.17	59	862	243	21.4	44	20.4	45.0	97
	Cheonganok	8.15	58	838	231	21.0	48	18.8	46.6	100
	Kangilok	8.14	57	820	249	20.4	46	18.2	47.2	100
	LSD (0.05)	-	2	32	19	1.7	3	1.5	2.0	2

Table 7. Changes of maize dry matter, forage and grain yield affected by planting date and cultivar in 2009.

Planting date	Hybrid	Ear DM (kg 10a ⁻¹)	Stover DM (kg 10a ⁻¹)	Total DM (kg 10a ⁻¹)	Ear DM ratio (%)	TDN yield (kg 10a ⁻¹)	Grain yield (kg 10a ⁻¹)
April 23	Kwangpyeongok	1,159	1,248	2,407	48	1,712	1,157
	Jangdaok	922	1,079	2,001	46	1,412	964
	Cheonganok	1,150	980	2,131	54	1,548	1,192
	Kangilok	1,346	1,193	2,539	53	1,838	1,356
	LSD (0.05)	135	93	135	5	109	138
June 19	Kwangpyeongok	953 (82%) [†]	823 (66%)	1,777 (74%)	54b	1,289 (75%)	946 (82%)
	Jangdaok	800 (87%)	736 (68%)	1,536 (77%)	52c	1,108 (78%)	817 (85%)
	Cheonganok	947 (82%)	732 (75%)	1,680 (79%)	56a	1,231 (80%)	959 (80%)
	Kangilok	994 (74%)	843 (71%)	1,836 (72%)	54b	1,335 (73%)	988 (73%)
	LSD (0.05)	ns	ns	ns	2	ns	ns

[†]Ratio of late planting to proper planting

23일 및 6월 19일 파종간 큰 차이가 없었다. 또 6월 19일 만파에 따라 간장, 간경과 착수고율이 다소 감소하였지만 이삭장 및 이삭폭에서는 큰 차이가 없었다. 품종별로 파종 기별 차이를 보면 강일옥이 두 파종기 모두 출사일수가 적어 이모작용으로 가장 유망한 것으로 판단되었다. 광평옥은 간장, 간경 및 이삭폭 등이 모두 컸지만, 이삭길이가 짧은

단점을 나타내었다. 출사기가 빨랐던 강일옥은 간장, 간경, 이삭장 및 이삭폭이 중간크기를 나타내었다.

2009년도 옥수수의 수량성의 변화를 보면(Table 7) 6월 18일 만파는 4월 23일 적파에 비해 이삭수량은 약 74~87%, 간엽수량은 66~75%를 나타내어 2007년, 2008년 보다 만파에 따른 수량감소가 적었다. 만파에 따른 이삭비율의

변화를 보면, 2007년도와 동일하게 만파에 의해 간엽보다 이삭의 감소비율이 적었다. 품종별로는 적파에서 이삭중은 강일옥이 $1,346 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 로 가장 많았고 광평옥, 청안옥, 장다옥 순으로 감소하였다. 간엽수량은 광평옥, 강일옥, 장다옥, 청안옥 순으로 감소하였다. 이삭비율은 청안옥 및 강일옥이 53~54%로 장다옥과 광평옥의 46~48% 보다 훨씬 높았다. TDN 수량과 종실수량에서는 이삭수량이 높았던 강일옥이 가장 높았고, 광평옥이 그 다음 높은 수량을 나타내었으며, 장다옥은 수량성이 가장 낮았다. 그러나 만파 재배에서는 강일옥 및 광평옥의 수량성이 다소 높은 것으로 나타났다지만, 품종간 수량의 통계적 유의성은 나타내지 못했다.

고 찰

본 시험에서 사료용 청보리+옥수수이모작(6월파종)의 연간 TDN 수량성을 보면 대략적으로 청보리는 $800 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 내외, 이모작옥수수는 $1,100 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 내외로 연간 TDN 수량이 $1,900 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 나타내 단작 옥수수 TDN 수량 $1,450 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 내외보다 약 $400 \sim 500 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 높았다. 종실용으로 사용했을 때는 보리와 옥수수의 종실수량이 각각 $700 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 및 $700 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 로 연간 $1,400 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 생산할 수 있는 반면, 옥수수의 단작은 $1,000 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 내외밖에 생산할 수 없기 때문에 이모작이 옥수수 단작에 비해 40% 정도 수량성이 증가하는 것으로 나타났다. 그렇지만 옥수수만의 수량성을 보았을 때 4월 적파에 비해서 6월 만파 시 사료 및 종실이 약 30% 가량 감소하는 것으로 나타나, 이모작 옥수수의 생육 및 수량성을 높이는 것이 이모작 작부체계에서 가장 필요한 것으로 사료되었다. 2008년도 청보리 후작으로 파종한 옥수수 수량성을 보면 5월 31일 파종이 2007년 및 2009년의 4월 하순 파종 단작용 옥수수와 비슷한 수량을 나타내어 5월 파종까지는 옥수수의 수량 감소가 적었다. 그렇지만 6월 중 부터는 파종기가 늦어짐에 따라 옥수수 생육 및 수량이 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

본 시험에서 공시된 품종 중에서는 광평옥이 6월 만파에 따른 수량 감소율이 20% 내외를 나타내어 다른 품종의 수량 감소율 30% 보다 약 10% 정도 낮아 국내 육성 사료용 품종 중 가장 만파적용 품종임을 알 수 있었다. 6월 만파 시 옥수수의 출사기는 8월 중순으로 4월 적파의 7월 중순보다 약 1달 가량 늦어 옥수수의 수확도 종실용보다 한달 늦은 9월 하순(사료용, 출사후 40일 전후) 및 10월 중순(종실용, 출사후 60일 전후)에 이루어져 단작보다 수확 시 기상 여건은 좋은 것으로 사료되었다(Fig. 1). 출사일수는 4월 적파가 6월 만파보다 약 20일 정도 많았지만 출사기까지의 유효적

산온도는 6월 만파가 평균 120°C 많았다. 출사기까지의 유효적산온도가 만파에서 많았던 것은 7월 중순부터 8월 중순까지의 유효적산온도가 현저히 높았기 때문으로 보인다. 옥수수 6월 만파는 유효적산온도가 높았음에도 불구하고 4월 적파에서와 같이 출사기까지 옥수수의 생육에 유효적산온도를 충분히 이용하지 못한 상태에서 급하게 자라 개화반응을 하고 출사된 것으로 보여, 간장 및 간경이 감소하고, 그에 따라 옥수수 간엽의 생육량이 많이 감소되었다. 한편 옥수수 부위별 만파에 따른 감소정도를 보면 만파에 따라 이삭이 간엽보다 감소비율이 상대적으로 적었다(광평옥의 간엽부분 건물 감소율 73% 내외, 종실부분 80% 내외). 따라서 맥류이모작으로 6월에 옥수수를 늦게 파종할 경우는 재배의 목적을 종실과 간엽을 모두 이용하는 사료용 보다는 종실만 이용하는 종실용으로 하는 것이 더욱 바람직할 것으로 보였다. 6월 만파 시 감소비율이 적었던 옥수수 품종 광평옥의 경우에는 2008년 및 2009년의 이모작의 종실수량이 $850 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 이상을 나타내어 단작의 종실수량 $1,000 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 보다 $150 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 남짓 감소하였다. 또 이모작의 경우 보리의 종실수량 $700 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 고려하면 단작옥수수에 비해 약 $500 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 의 연간 종실수량의 증가를 얻을 수 있었다. 밀-옥수수의 이모작이 발달되어 있는 중국의 화북평원에서는 밀 수확 후 6월 파종 옥수수의 경우 종실 수량성이 $1,000 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 이상되는 곳이 많고, 이때 밀수량 $500 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 고려하면 연간 $1,500 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 의 종실 수량의 확보하고 있다. 따라서 특히 밀과 옥수수의 자급률이 현저히 낮은 우리나라도 종실수량 증대를 위한 밀-옥수수의 이모작 체계도입을 위해서 종실용 6월 파종 이모작 옥수수의 품종 및 재배방법을 시급히 개발해야 할 것으로 보인다.

6월 만파 옥수수에서는 적파에 비해 간장이 적어지고 착수고율이 낮아져 도복의 위험성이 다소 감소되는 경향이며, 이삭절 위의 엽간격이 넓어져 광의 수광태세가 좋아지므로 수량성을 제고하기 위하여 재식밀도를 다소 높일 필요가 있을 것으로 보인다. 특히 단작옥수수에서 이용하지 못하는 9월 상순에서 10월 상순까지의 경지에 조사되는 광을 이용할 수 있어, 생육후반기 광합성량을 증대시켜 알곡을 충실하게 할 수 있는 여건을 가지고 있으므로, 종실용 이모작용 옥수수 연구는 앞으로 경지이용효율의 측면에서도 효과가 클 것으로 사료되었다.

적 요

2007년부터 2009년까지 3년간 보리이모작으로 옥수수를 6월 만파 시 사료용 및 종실용으로의 생육 및 수량변화를 2007 및 2009년의 4월 하순 적파 및 2008년 5월 하순 옥수

수와 대비하여 살펴보았는데 그 결과는 다음과 같다.

1. 4월 하순 적파에 비해 보리 이모작으로 6월 중·하순 만파 시 옥수수의 생육 많이 감소하여 사료·종실의 수량성이 20~30% 감소하였지만, 이모작으로 동계 재배한 보리의 사료·종실의 수량성을 합할 경우 연간 전체 수량성은 30~40% 증가하였다.
2. 6월 만파 시 옥수수 부위별로는 간엽보다 이삭(종실)의 감소가 적었다. 사료 및 종실용으로 수량감소가 가장 적었던 품종은 광평옥이었으며, 6월 만파에서도 850 kg 10a⁻¹의 수량성을 얻을 수 있었다. 따라서 이모작 옥수수는 사료용 보다 종실용으로 만파적응 품종 및 재배법의 개발이 필요한 것으로 나타났다.
3. 6월 만파 옥수수는 4월 적파 옥수수보다 유효적산온도의 증가와 더불어 출사일수는 40일 가량 단축되었고, 만파에 따라 출사기는 1달 정도 늦어 수확적기는 사료용이 9월 하순, 종실용이 10월 중순으로 4월 적파 옥수수에 비해 수확 시 기후조건은 좋은 것으로 나타났다.

인용문헌

권찬호. 2004. 사료자급률 제고를 위한 맥류산업 발전 방안. 농산물 수입개방과 맥류산업발전방안 심포지엄. 농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소. pp. 43-72.

- 김종덕, 김동암, 박형수, 김수근. 1999. 파종시기 및 품종이 사일리지용 옥수수의 수량과 사료가치에 미치는 영향. I. 옥수수의 생육특성 및 사초수량. 한초지. 19(3): 211-220.
- 손범영, 김정태, 송송이, 백성범, 김정근, 김종덕. 2009. 파종시기에 따른 국내 육성 사일리지용 옥수수의 수량 및 사료가치의 품종간 비교. 한초지. 29(3): 179-186.
- 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 송태화, 박기훈, 한옥규. 2009. 청보리 품종의 적정 수확시기 및 사료가치 평가. 한초지. 29(2): 121-128.
- 이석순, 박근용, 정승근. 1981. 파종기가 종실 및 싸일리지 옥수수의 생육기간 및 수량에 미치는 영향. 한작지. 26(4): 337-343.
- Gilmore, E. C. Jr., and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50: 611-615.
- Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna and R. Reinhart. 1990. The pioneer forage manual -a nutrition guide. Pioneer Hi-Bres Int. Inc., Des Moines, IA.
- Kratochvil, R. J. and M. Harrison Jr., and T. R. Pearce. 2005. Evaluation of double crop corn. Mid-Atlantic grain and forage journal. Online [www.rce.rutgers.edu/pubs/magfj]. Rutgers University, New Brunswick, NJ. 9: 18-29.
- Pendleton, J. W., and D. B. Egli. 1969. Potential yield of corn as affected by planting date. Agron. J. 61: 70-71.
- Ping He, Shutian Li, Jiyun Jin, Hongting Wang, Chunjie Li, Yilin Wang, and Rongzong Cui. 2009. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in north-central China. Agron. J. 101(6): 1489-1496.