

하천변 농경지에서 질소 시비량 차이가 옥수수 생육 및 수량에 미치는 영향

임정택* · 장재혁* · 노예진* · 류진희** · 정덕영* · 조진웅*[†]

*충남대학교 농업생명과학대학, **국립식량과학원

The Effect of Nitrogen Rates on The Growth and Yield of Maize in Agricultural Fields with the Stream

Lim, Jung Taek*, Jae-Hyuk Chang*, Ye-Jin Rho*, Jin-Hee Ryu**, Dong Young Chung*, and Jin-Woong Cho*[†]

*College of Agricultural and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

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

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of nitrogen rates on the growth characteristics and yield of maize in agricultural fields with the stream. This indicates the necessity and optimal level of nitrous fertilization to examine the possibilities of quantity enhancement. Plant height and ear height of maize were not significantly different among the nitrogen rates. Stem diameter and leaf area index increased in the nitrogen treatment compared to untreated control. Changes of photosynthetic rate in maize leaves depending on nitrogen treatments increased as much as nitrogen rates were increased up to the highest level, 36 kg per 10a. NDF and ADF content levels of maize were investigated with different nitrogen rates regardless of treatments. In the case of NDF, it showed a tendency to decrease after 8 days of tasseling date. ADF had also decreased after 15 days of tasseling date. Nitrogen uptake of maize leaves with different nitrogen rates showed the highest level, 4.9 g kg⁻¹ with 36 kg per 10a on the tasseling date. Ear length and 100-kernel weight, there were no significant differences according to yield and the components with different nitrogen rates. Ear diameter and kernel number, nitrogen rates of 18 kg and 36 kg were increased compared to nitrogen rate of 9 kg per 10a and untreated control. The pericarps in 9 kg nitrogen rate and control were thicker than those of 18 kg and 36 kg treatment. The yield, 18 kg, 36 kg, and 9 kg treatments were increased by 10.96%, 9.27%, and 3.31%, compared to control. The component analysis on maize kernel with different nitrogen rates, starch showed no significant differences among treatments.

Total sugar in 18 kg nitrogen treatment represented the highest content level, 6.37%. In addition, Amylopectin in 18 kg treatment showed the highest content level of 90.38%. However, amylose in 18 kg treatment showed the lowest level, 9.62% which drew a conclusion that waxy of 18 kg treatment is considered to be the strongest one. From the results described above, nitrous fertilization is essential to grow maize in agricultural fields with the stream. The optimum level of nitrous fertilization is considered 18 kg per 10a.

Keywords : maize, nitrogen rate, yield, amylopectin, amylose

옥수수는 세계 3대 작물의 하나로 단위 면적당 생산량이 많고 재배도 단순하며 사료로서의 기호성이 높아 널리 재배되고 있다. 최근에는 사료뿐만이 아니라 조미료, 의약품, 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄, 제지업, 바이오 에너지 등 다양한 분야로 그 이용성을 넓히고 있다. 그러나 최근 미국-러시아를 비롯한 주요 곡물 생산국이 기상이변 현상에 의한 이례적인 가뭄으로 국제 곡물가격이 급등하는 현상을 보이고 있어 중·장기적으로 쌀 외에 다른 곡물의 자급률을 높여나가야 하는 실정이다. 따라서 하천변 농경지 등 유휴농지의 효율적인 활용을 통하여 농지 이용률의 제고와 더불어 하천변 농경지에서의 작물 재배를 통한 곡물의 안정적인 수급을 도모해야 할 것이다.

하천변 농경지 재배는 비점오염원등의 오염물질을 고려해야 하는데 수질오염을 일으키는 오염원은 점오염원과 비

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5725 (E-mail) jwcho@cnu.ac.kr
<Received 8 December, 2013; Accepted 21 February, 2014>

점오염원으로 구분할 수 있다(Shon *et al.*, 2011). 점오염원은 공장, 가정하수, 축사농가등 주로 인위적인 배출원으로 서, 배출원의 위치와 배출경로가 명확해 오염물질의 차집이 용이하고 처리시설 등을 통한 통제 효과를 기대 할 수 있다. 반면에 비점오염원은 주로 비가 올 때 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로서 농지에 살포된 비료나 농약, 토양침식물, 축사유출물, 교통오염물질, 도시지역의 먼지와 쓰레기 등 무엇보다 배출지점이 불명확하고 오염물질이 배출되면서 희석되거나 넓은 지역으로 확산되다. 또한 비점오염원은 자연적인 영향을 받아 계절이 따른 변화를 수반하는데, 특히 강우의 영향을 많이 받아 강우가 집중되는 6~9월에 내리는 빗물은 많은 양의 농약이나 비료를 씻어내려 인근 강이나 하천으로 흘러 들어가 하천변 토양의 오염원 부하량을 높게 만들고 있다(Cha, 2010).

이처럼 비점오염원으로 인해 질소, 인등 유기물이 많은 하천변 농경지에서는 다비성 작물 재배가 적합할 수 있는데 옥수수는 대표적인 다비성 전작물로 토양적용력이 높고 흡비력이 강하며 지력소모가 큰 질소 수탈작물로 알려져 있다.

옥수수의 주요 3요소(N-P-K)에 대한 시비 반응을 보면 인산과 칼리에 대해서는 아주 둔감하나, 질소에 대해서는 매우 민감하여 옥수수 재배시 최대수량 생산을 위한 비배관리는 인산과 칼리보다는 질소를 중점적으로 관리하여야 한다고 한다(Eom and Park, 2012).

옥수수에서 질소시비 효과는 토양성분 및 재배연차에 따라 다르게 나타나며 질소를 과용하면 결주율이 높아지고 질소성분의 용탈 등으로 인하여 질소의 회수율이 떨어지며, 10a당 28 kg 처리구에서 가장 많은 종실수량을 얻었다고 한다(Nunez and Kamprath, 1969).

따라서 본 연구는 비점오염원 등에 의해서 유기물이 많은 하천변 농경지에서 옥수수 재배시 질소를 차등 시비함으로 써 시비량에 따른 생육특성을 알아보고, 수량 및 수량구성요소를 조사하여 질소가 미치는 영향을 구명하여 하천변 농경지 재배시 질소의 필요성과 수량증대를 위한 최적 시비량을 구하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험은 세종특별자치시 부강면에 위치한 금강유역의 하천변 농경지에서 실시하였다. 공시재료는 재래종 찰옥수수에서 선발된 자식계통사이의 단교잡종인 연농1호를 사용하여 2013년 5월 7일에 재식거리 75 cm×20 cm 간격으로 1주1립으로 파종하였다.

시비방법

시비량은 질소 10a당 18 kg을 표준시비량으로 하여 질소량을 0, 9, 18 그리고 36 kg으로 달리하여 처리하였으며 기비로 각각의 질소시비량의 50%을 시용하였고 추비는 출용기를 중심으로 하여 나머지 50%을 시용하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 하여 수행하였으며, 잡초 및 병충해 방제는 필요에 따라 해당 약제를 이용하여 관리하였다.

생육 특성

질소시비 처리에 따라서 출용기, 출용 후 8일, 15일, 22일, 30일에 초장, 착수고, 경직경, 엽면적등 지상부 생육조사를 하였으며, 출사 후 25일에 옥수수 이삭의 수량 및 수량구성요소를 각각 조사하였다.

광합성

옥수수 잎의 광합성효율은 광합성 측정기(LI-6400XT)을 이용하여 출용기, 출용 후 8일, 22일, 30일에 상부에서 3번째 마디의 잎을 대상으로 광조건은 10, 250, 500, 1000, 1500 및 2000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, Flow rate 500 $\mu\text{mol s}^{-1}$ 그리고 Leaf Temperature 30°C, CO₂농도 380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 로 설정하여 3반복으로 측정하였다(Joerg Leipner *et al.*, 2005).

NDF(Neutral Detergent Fiber) 및 ADF(Acid Detergent Fiber)

NDF는 자연 건조된 시료 1 g을 500 ml 툴버커에 넣고 중성 Detergent 용액 100 ml와 Decalin 2 ml, Sodium sulfite 0.5 g을 가해 조섬유 정량용 자비기에서 1시간 끓인 다음 유리여과기를 사용하여 흡인여과 한 다음 뜨거운 물과 아세톤으로 씻어주고 풍건 후 105°C 건조기내에서 4시간 정도 건조하여 무게를 달아 계산하였다.

ADF는 시료 2 g을 500 ml 툴버커에 넣고 100 ml 산성 Detergent 용액과 2 ml Decalin을 가해 조섬유자비기에서 1시간 끓이고 유리여과기로 흡인여과 한 다음 뜨거운 물로 2회 씻은 후 남은 용액이 무색이 될 때까지 아세톤으로 씻어주고 풍건 후 105°C의 건조기내에서 4시간 정도 건조 후 무게를 달아 계산하였다.

아밀로오스 및 아밀로펙틴 함량

아밀로오스(Amylose)와 아밀로펙틴(Amylopectin) 함량은 Juliano법(Juliano *et al.*, 1985)에 의하여 옥수수 종실 분말 100mg에 95% ethanol 1 ml와 1N NaOH 9 ml을 넣고 95~100°C의 열탕수조에서 약 10분간 가열 호화시킨 후 냉각시켜 증류수로 100 ml를 채운 다음 이중 5 ml를 취해 1N

CH₃COOH 1 ml와 I₂-KI 2 ml 용액으로 발색시킨 후 증류수로 다시 100 ml를 채워 20분간 정치 후 620nm의 파장에서 spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였으며 표준전분을 이용한 검량 회귀식으로 아밀로스(Amylose) 함량을 구한 후 환산하였다.

전분 및 환원당 함량

전분 함량은 비색법에 의하여 시료 0.2 g을 칭량 후 원심분리관에 넣고 80% 에탄올을 첨가하여 원심분리 후 상등액은 버리고 잔사를 약 40°C에서 1시간동안 건조 시킨 후 증류수 5 ml와 52% Percholic acid 6.5 ml을 첨가한 후 20분 동안 매 5분마다 흔들어 준 다음 반복적인 원심분리 과정을 거쳐 1, 2차 상등액과 2차 원심분리 후 남은 잔사를 새로운 100 ml 메스플라스크에 여과하면서 옅겨 포도당 농도가 약 100 µg/ml가 되게끔 희석하여 아세트용액 5 ml와 희석용액 1 ml를 유리시험관에 첨가한 후 100°C 수조에 12분간 가열한 다음 급속히 상온 냉각시킨 다음 630 nm의 파장에서 용액의 흡광도를 측정하였다.

환원당은 시료의 일정량을 메스플라스크에 넣고 증류수를 가하여 혼합한 후 정량용 여지로 여과하여 증류수로 희석한 다음 희석된 용액 2 ml를 test tube에 넣고 5% phenol soln 1 ml와 95% 황산 5 ml를 첨가한 후 30분 동안 상온에 방치한 다음 470 nm의 파장에서 spectrometer를 이용하여 흡광도를 측정하였으며 glucose standard curve를 이용하여 총당 함량 %를 구하였다.

조단백질 함량

시료 0.5~1 g을 500 ml 분해 플라스크에 넣고 분해촉진제 7~8 g과 H₂SO₄ 10 ml를 가해서 혼합한 후 가열하여 50~90분간 분해시킨 다음 300 ml 삼각플라스크에 4%붕산용액 25~75 ml를 넣고 지시약 2~3방울을 가하여 냉각기의 관 끝이 붕산용액에 잠기도록 받쳐 놓고 냉각된 분해액에 증류수 200 ml와 아연립 2~3개를 넣고 수산화나트륨 혼합액 45 ml를 가한 다음 증류장치에 연결하고 서서히 가열하여 분해액의 양이 2/3로 줄어들거나 증류액이 120~150 ml 될 때까지 증류한다. 증류한 액을 0.1N-염산용액으로 적정하면 end point 부근에서 무색으로 변하며 1~2방울 더 가하여 적갈색으로 변할 때의 0.1N-염산용액 소비 ml수를 읽었다.

통계 분석

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System)프로그램의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 Duncan의 다중범위 검정방법(Duncan's multiple range test)를 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

생육특성

질소시비수준에 따른 옥수수의 출용기, 출용 후 8일, 15일, 22일, 30일의 초장, 착수고, 경직경, 엽면적지수등 생육 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 초장은 출용기 36 kg

Table 1. Growth characteristics of maize with different nitrogen rates after Tasseling date.

N rate (kg 10a ⁻¹)	Date	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Stem diameter (mm)	LAI
0	Jul. 8	179.1±8.5	84.1±5.2	18.9±2.6	5.2±0.1
	Jul. 15	227.5±8.3	104.6±15.3	21.9±0.9	4.4±0.2
	Jul. 22	224.9±9.1	105.7±2.8	24.1±0.2	5.3±0.1
	Jul. 29	251.0±6.6	112.9±13.7	21.0±0.2	4.6±0.2
	Aug. 6	234.1±5.3	110.0±7.7	20.7±0.8	5.9±0.6
9	Jul. 8	186.1±4.2	89.3±1.3	20.3±0.7	5.3±0.2
	Jul. 15	242.6±3.2	115.5±3.9	23.4±0.5	5.1±0.1
	Jul. 22	243.0±11.4	109.3±2.7	25.1±0.9	4.8±0.4
	Jul. 29	244.8±6.0	112.6±5.5	23.7±1.5	5.2±0.1
	Aug. 6	234.5±1.7	112.5±3.2	23.0±1.1	5.6±0.3
18	Jul. 8	188.1±4.3	92.1±3.8	21.8±0.2	5.7±0.1
	Jul. 15	244.6±3.5	101.0±8.3	23.7±0.7	5.6±0.3
	Jul. 22	241.8±10.5	113.6±9.9	26.0±2.5	5.1±0.2
	Jul. 29	241.3±1.1	110.9±8.5	25.4±1.6	5.2±0.1
	Aug. 6	224.3±10.1	98.6±5.0	25.4±1.4	5.6±0.3
36	Jul. 8	188.6±5.5	88.6±5.2	21.7±0.7	5.4±0.7
	Jul. 15	238.0±5.3	104.7±2.8	22.6±0.8	5.6±0.1
	Jul. 22	235.5±4.7	108.3±4.2	25.3±0.1	5.3±0.3
	Jul. 29	244.8±8.4	107.9±9.7	25.2±1.1	5.3±0.9
	Aug. 6	214.5±15.3	105.1±16.5	22.8±2.0	5.2±0.4

처리구 188.6 cm, 18 kg 처리구 188.1 cm, 9 kg 처리구 186.1 cm, 무처리구 179.1 cm이고, 출용 후 8일간 평균 52 cm의 높은 생장율을 보였으며 각 처리구간 차이를 나타내지 않았다. Lee and Choi(1990)은 초장은 출아 후 30일 동안은 질소시비량에 차이가 없었으나 출아 후 44일의 초장과 간장 및 착수고는 질소시비량이 많을수록 증가하였으며, 전반적으로 10a당 10~20 kg 처리구가 5 kg 처리구와 무처리구 보다 컸다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 질소시비량에 따른 차이가 없었으며 이는 공시 품종, 파종 시기, 토양성분의 차이에 따른 결과로 출사기와 초장은 퇴비시용, 질소시비량, 질소추비에 따른 차이가 없다는 보고(Kang *et al.*, 1985)와 같은 경향을 보였다.

착수고는 45~50%의 착수고율로 매우 안정한 초형을 보였으며 간장에 대한 착수고의 비율인 착수고율이 50% 미만으로 나타남으로써 도복에 매우 안정적이라 사료된다(Lee *et al.*, 2009).

경직경은 출용 후 15일에 최대값을 나타냈고 18 kg 처리구 26.0 mm, 36 kg 처리구 25.3 mm, 9 kg 처리구 25.1 mm, 무처리구 24.1 mm로 무처리구에 비하여 질소처리구가 증가하여 18 kg 처리구에서 가장 두껍게 나타났다. 이러한 결과는 경의 굵기는 숙기가 진행됨에 따라 줄어들고 경의 정도는 숙기가 진행됨에 따라 딱딱하게 나타났다고 보고(Lee *et al.*, 2012)와 일치하는 경향을 보였다.

일반적으로 옥수수에서 수광태세가 좋은 직립엽의 경우 최적 엽면적 지수는 8이상, 수광태세가 나쁜 수평엽의 경우 2.5~3을 나타내는데 본 연구에서는 엽면적지수 4~6의 평균값으로 무처리구에 비하여 질소처리구가 증가하였다. 이에 대해 Kang *et al.*(1986)은 옥수수 재배시 질소를 증시하면 경의 직경은 굵어지며 엽면적지수는 높아졌다고 보고한 바 있다. 따라서 최적 엽면적지수를 크게 한다는 것은 균락의 건물생산을 크게 하여 수량을 증대시키므로 하천변 농경지에서 옥수수 재배시 질소 시비가 필요하다고 판단된다.

광합성

질소 시비 수준에 따른 옥수수 잎의 광합성 변화는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 출용기 이후 광합성량은 감소하지만 질소 시비 수준에 따라 광합성 변화는 다르게 나타났다. Light 커브는 Rubisco의 활성을 간접적으로 측정하여 광의 강도에 따라 광합성량을 측정하는 비파괴적인 유용한 방법으로써 본 연구의 Light 커브는 질소시비량의 증가에 따라 광합성량도 증가하는 것으로 나타났다(cho *et al.*, 2006). 출용기, 출용 후 22일, 그리고 출용 후 30일의 광량에 따른 광합성량을 살펴보면, 광합성량은 출용기(A)에 가장 높았으며 질

소 시비량이 증가함에 따라 광합성량도 증가하여 36 kg 처리구에서 가장 높게 나타났다. 출용 후 22일(B)와 출용 후 30일(C)는 500 μmol 광량부터 처리구간 차이를 보이며 출용기에 비하여 처리구의 차이가 뚜렷하였다. C4작물의 광합성 작용에 촉매작용을 하는 효소는 PEP Carboxylase로서 이 함량은 엽중 질소함량에 비례하여 증가하며, Boote *et al.*(1978)은 광합성 작용이 이루어지는 엽록소는 질소가 구성성분으로 엽중 질소함량의 증가에 따라 광합성율도 증가하여 엽중 질소함량에 따른 총 광합성율의 반응은 정의 상

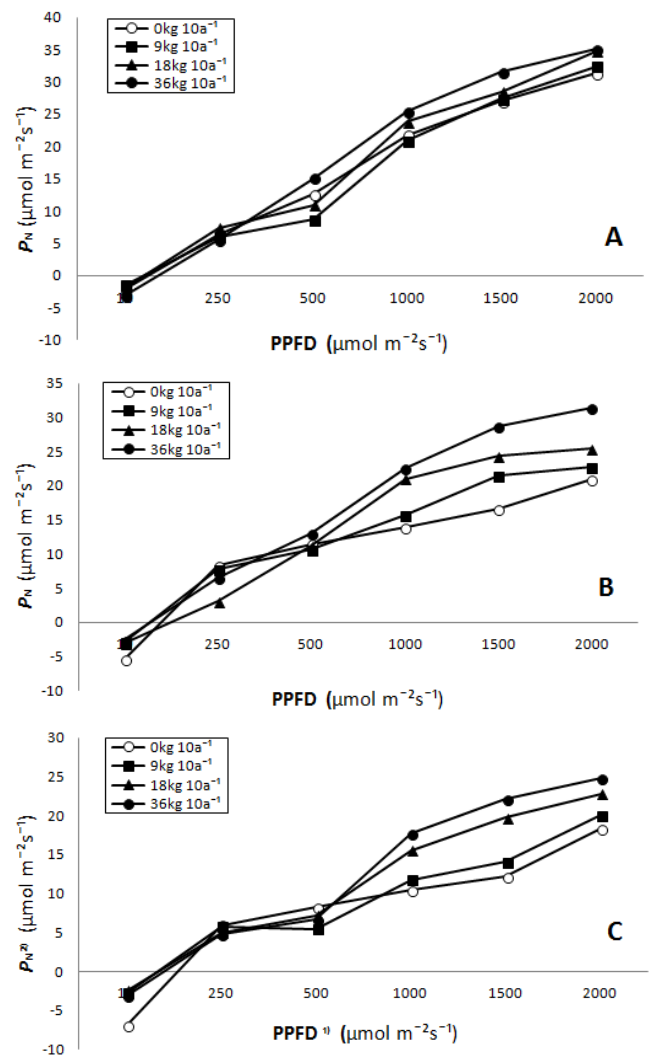


Fig. 1. Photosynthetic activities of maize as affected by N fertilizer rate and Light intensity. A: Photosynthesis on Tasseling date. B: Photosynthesis after 22 days of Tasseling date. C: Photosynthesis after 30 days of Tasseling date.

¹)PPFD: Photosynthetic Photon Flux Density,

²)PN: Photosynthetic Rate.

관관계를 보인다고 하였다.

NDF와 ADF함량

출용 후 성숙과정에서 옥수수의 NDF와 ADF 변화를 측정 한 결과는 Fig. 2과 같다. Van Soest and Robertson(1979)은 NDF 값은 섭취량과 높은 상관관계가 있으며 ADF 값은 소화율과 높은 상관관계가 있다고 하여 사료적 가치를 평가 하는 중요 지표인 NDF와 ADF를 강조하였다.

질소시비량에 따른 NDF 함량은 출용기에 무처리구와 9 kg 처리구가 18 kg 처리구와 36 kg 처리구에 비하여 22% 정도 많았으나 점차 증가하여 처리구간 차이 없이 출용 후 8일 이후 감소하는 경향을 보였다. ADF 함량은 출용기 무처리구 39.52%, 9 kg 처리구 38.62%, 18 kg 처리구 37.47%, 36 kg 처리구 37.36%로 처리구간 차이 없이 출용 후 15일 이후 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 황숙기 초기와 황숙기 후기에 NDF 및 ADF 함량은 숙기가 진행됨에 따라 감소하였다는 Hunt *et al.*(1992)과 Kim *et al.*(1999)의 보고와 같은 경향을 보였다.

질소 함량

출용기의 옥수수 잎의 질소 흡수량은 36 kg 처리구가 4.9 g kg⁻¹, 18 kg 처리구는 4.4 g kg⁻¹, 9 kg 처리구가 4.0 g kg⁻¹,

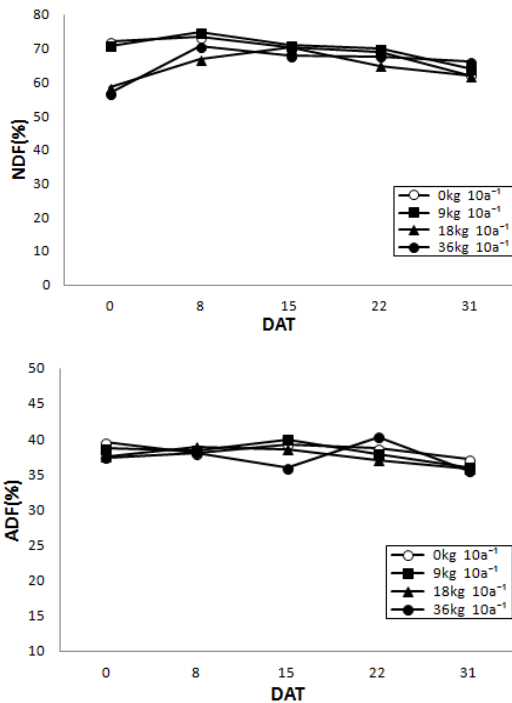


Fig. 2. NDF and ADF of maize as affected by different N fertilizer rates.

그리고 무처리구는 3.7 g kg⁻¹로 질소시비량에 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3). 이러한 결과는 지상부 질소 흡수량은 질소시비량 증가에 따라 직선적인 증가를 보여 무처리구에 비해 20 kg 처리구에서 약 2배 높아졌다는 보고(kang *et al.*, 1985)와 이삭의 질소함유율은 시비량간에 차이가 없었으나 경엽의 질소함유율과 총질소흡수량은 질소시비량이 많을수록 증가하였다 보고(Lee and Choi, 1990)와 일치하는 경향이였다.

잎의 질소 흡수량은 출용 후 감소하다가 10일 이후 다시 증가하였는데 이는 옥수수 출사기 후 토양 무기태 질소의 감소에 따라 옥수수 경엽의 질소가 종실로 이동한 것에 기인한 것으로 사료된다.

수량 및 수량구성요소

질소시비 수준에 따른 옥수수의 이삭길이는 무처리구에 비하여 질소시비 처리로 증가하는 경향이였으나 각 처리구간의 유의차를 나타내지 않았다(Table 2). 그러나 이삭 직경은 36 kg의 질소시비 처리구가 43.1 mm으로 가장 두꺼웠으며 각 처리구간의 유의적인 차이를 보였다(Table 2, Fig. 4).

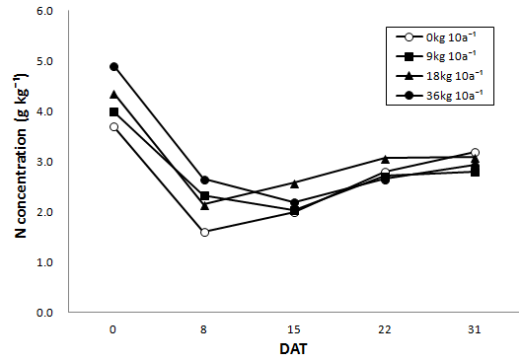


Fig. 3. Changes in nitrogen content of maize leaf with different N fertilizer rates.

Table 2. The yield and yield components of maize with different N fertilizer rates.

N rate (kg 10a ⁻¹)	Ear Length (mm)	Ear Diameter (mm)	Kernel Number (ea)	100 -Kernel weight (g)	Pericarp (μm)	Yield (g m ⁻²)
0	210.6a ¹⁾	39.9b	295.6b	41.5a	46.0ab	1,226.7c
9	212.0a	40.4b	296.1b	42.8a	47.6a	1,267.3b
18	211.2a	42.3ab	315.8a	43.1a	43.2b	1,361.1a
36	210.9a	43.1a	318.4a	42.1a	44.3ab	1,340.4a

¹⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 4. The differences of characteristics in maize with different N fertilizer rates.

Table 3. Starch, total sugar, amylopectin, amylose and sugar content of maize with different N fertilizer rates.

N rate (kg 10a ⁻¹)	Starch (%)	Total Sugar (%)	Amylopectin (%)	Amylose (%)	Sugar content Brix (%)
0	50.70a	6.35a	89.08c	10.92a	14.78a
9	49.63a	6.32a	90.19ab	9.81bc	15.03a
18	49.80a	6.37a	90.38a	9.62c	15.32a
36	50.09a	6.04b	89.91b	10.09b	14.24a

Kang *et al.*(1985)은 질소시비량이 증가할수록 이삭길기와 폭은 10a당 15 kg까지는 시비량이 증가할수록 증가되는 경향을 보였으나 그 이상의 증비에 따른 평균 이삭길기와 폭은 증가하지 않았다고 보고한 바 있는데, 본 연구에서는 이삭길이의 경우 18 kg 처리구 이후 감소하였으나, 이삭 직경은 질소시비량이 증가할수록 계속 증가하였다. 이는 공시 품종, 재배 토양, 수확 시기의 차이에 의한 것으로 사료된다.

립수는 36 kg 처리구 318.4개, 18 kg 처리구 315.8개, 9 kg 처리구 296.1개, 무처리구 295.6개로 무처리구에 비하여 질소시비 처리구가 증가하였으며, 무처리구와 9 kg 처리구에 비해 18 kg 처리구와 36 kg 처리구에서 크게 증가하며 뚜렷한 유의차를 나타냈다.

100립중은 18 kg 처리구 43.1g, 9 kg 처리구 42.8g, 36 kg 처리구 42.1g, 무처리구 41.5g로 무처리구에 비하여 질소시비 처리구가 증가하였으나 처리구간 유의차를 나타내지 않았으며, 과피는 9 kg 처리구 47.6 μm , 무처리구 46.0 μm , 36 kg 처리구 44.3 μm , 18 kg 처리구 43.2 μm 로 18 kg 처리구와 36 kg 처리구에 비하여 무처리구와 9 kg 처리구에서 두께가 나타났다. 과피는 식감과 연관되는데 과피가 얇을수록 식미감이 좋기 때문에 18 kg 처리구에서 식감이 가장 좋을 것으로 사료된다. Lee *et al.*(1993)은 찰옥수수의 경우 옥수수립의 질감성(tenderness)이 매우 낮아야 하며,

질감성에 크게 영향을 주는 과피의 두께가 50 μm 이하로 얇아하고 종실의 과피 두께가 식미에 미치는 영향이 크다고 보고한바 있다. Ho and Hunter.(1975), Jung *et al.*(2001)도 씹힘과 과피간에 정의 상관관계를 나타냄으로써 과피가 얇을수록 식미성이 좋다고 하였다.

이삭수량은 18 kg 처리구 1,361.1 g m⁻², 36 kg 처리구 1,340.4 g m⁻², 9 kg 처리구 1,267.3 g m⁻², 무처리구 1,226.7 g m⁻²로 무처리구에 비해 질소 처리구가 증가하였으며 각 처리구간 유의차를 나타냈다. 이삭수량의 차이가 가장 뚜렷했는데 무처리구에 비하여 18 kg 처리구 10.96%, 36 kg 처리구 9.27%, 9 kg 처리구 3.31% 증가하였다. Rudert and Locascio (1979)는 단옥수수 재배시 10a당 질소를 각각 5.6 kg, 11.2 kg, 22.4 kg 시비할 때 10a당 이삭수량이 5.6 kg 처리구보다 11.2 kg 처리구에서 크게 증가되었으나 22.4 kg 처리구에서는 11.2 kg 처리구에 비하여 약간의 증가에 그쳤다고 하였는데, 본 연구에서도 이삭수량 증감패턴은 비슷하나 시비량의 차이를 보이는 것은 하천변 농경지라는 재배 토양에 기인한 것으로 사료된다.

종실 성분

질소 시비 수준에 따른 옥수수 종실의 전분, 총당, 아밀로펙틴, 아밀로오스, 당도 함량을 측정된 결과 Table 3과 같

다. 종실 내 전분 함량은 무처리구 50.70%, 36 kg 처리구 50.09%, 18 kg 처리구 49.80%, 9 kg 처리구 49.63%로 처리구에 따른 유의차를 보이지 않았다. 찰옥수수의 전분함량은 34.15%라 보고한 Byun *et al.*(1995)의 연구보다는 다소 높은 함량을 보였으며, 이는 공시 품종, 재배 환경, 분리방법의 차이에 따른 결과라 사료된다.

총당은 18 kg 처리구 6.37%, 무처리구 6.35%, 9 kg 처리구 6.32%, 36 kg 처리구 6.04%로 10a당 18 kg 이후 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 옥수수 종실의 전분함량과 총당함량은 부의 상관관을 보인다는 Jung *et al.*(2000)의 연구와는 달리 처리구간 비슷한 함량을 보였으며, 이는 공시 품종, 질소 시비 차이, 수확시기의 차이인 것으로 사료된다.

아밀로펙틴은 18 kg 처리구 90.38%, 9 kg 처리구 90.19%, 36 kg 처리구 89.91%, 무처리구 89.08%로 18 kg 처리구에서 가장 높은 함량을 보였지만, 아밀로오스는 아밀로펙틴의 반대 양상을 보이며 무처리구 10.92%, 36 kg 처리구 10.09%, 9 kg 처리구 9.81%, 18 kg 처리구 9.62%로 18 kg 처리구에서 가장 낮은 함량을 보였다. 찰성은 아밀로펙틴과 아밀로오스의 구성 비율에 따라 결정되는데 18 kg 처리구에서 아밀로펙틴과 아밀로오스의 비가 가장 높아 찰성이 가장 강할 것으로 사료된다. Lee *et al.*(2011)도 종실내 아밀로펙틴 함량은 찰성과 정의 상관관계를 보임으로써 값이 높을수록 식미를 증가시키는 주요 요인으로 보고한바 있다. 평균 당도는 14.84 brix로 비교적 높게 나타났으며 18 kg 처리구에서 15.32 brix로 가장 높게 나타났다. 이에따라 10a당 18 kg 질소 시비가 종실의 당도와 찰성을 높여 식미 증진에 크게 유리할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 하천변 농경지에서 질소시비수준에 따른 옥수수의 생육특성과 수량성을 살펴보고 광합성 측정과 성분 분석을 통해 질소가 미치는 영향을 구명하여 하천변 농경지 재배에서 질소 시비의 필요성과 적정 질소 시비를 통한 수량 증대의 가능성을 검토하기 위하여 수행하였다. 질소 처리에 따른 옥수수 생육특성은 초장과 착수고의 경우 질소 시비량에 의한 큰 차이가 없었다. 광합성은 질소 시비량이 증가할수록 증가하여 36 kg 처리구에서 가장 높았다. 옥수수의 NDF와 ADF 함량은 처리구간 차이 없었으며 NDF는 출용 후 8일 이후 감소하였으며, ADF는 출용 후 15일 이후 감소하였다. 옥수수 잎의 질소 흡수량은 출용기에 36 kg 처리구에서 가장 높았다. 수량 및 수량구성요소는 이삭길이와 100립중의 경우 처리구간 유의차가 없었으나 이삭직경과

립수의 경우 무처리구와 9 kg 처리구에 비하여 18 kg 처리구와 36 kg 처리구에서 증가하였고, 과피는 18 kg 처리구와 36 kg 처리구에 비하여 무처리구와 9 kg 처리구에서 두꺼웠고, 수량은 무처리구에 비하여 18 kg 처리구, 36 kg 처리구, 9 kg 처리구가 많았다. 옥수수 종실의 전분함량은 처리구간 유의차가 없었으며, 총당은 18 kg 처리구가 가장 높았고 아밀로펙틴은 18 kg 처리구에서 가장 높았으나 아밀로오스는 18 kg 처리구에서 가장 낮아 18 kg 처리구에서 찰성이 가장 강하였다.

이상의 결과로 하천변 농경지에서 옥수수 재배시 질소 시비가 필요하며 가장 이상적인 질소 시비량은 10a당 18 kg 정도로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원의 연구사업(ATIS 과제번호: PJ00930203)의 지원으로 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Boote, K. J., R. N. Fallaher, W. K. Robertson, K. Hinson, and L. C. Hammond. 1978. Effect foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition, and yield of soybeans. *Agron. J.* 70:787-791.
- Byun, M. W., I. J. Kang, J. H. Kwon, S. J. Lee, and S. K. Kim. 1995. The improvement of corn starch isolation process by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27:30-35.
- Cho, Y. S., W. T. Jeon, C. Y. Park, K. D. Park, and U. G. Kang. 2006. Study of Nutrient Uptakes and Physiological Characteristics of Rice by N and Purified Si Fertilization Level in a Transplanted Pot Experiment. *Korean J. Crop Sci.* 51(5):408-41.
- Cha, Y. J. 2010. A win-win Situatoin of preparing fields for planting in river sites of four major rivers. *Korea River Association.* 6(3):14-19.
- Eom, K. C and S. H. Park. 2012. Effect of Nitrozen Fertilizer on Increasing Yield and Biomass of Maize. *KSSF.* 10. pp. 229.
- Hunt, C. W., W. Kezar, and R. Vinanade. 1992. Yield, chemical composition and ruminal ferment ability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J. Prod. Agric.* 5:286-290.
- Ho, L. C., L. W. Kannenberg, and R. B. Hunter. 1975. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. *Can. J. Genet. Cytol.* 17:621-629.
- Juliano B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. In *rice chemistry and technology*. 2nd ed. B.O. Juliano, ed.

- Am. assoc. Cereal chem. pp. 443-524.
- Jung, T. W., H. G. Moon, S. W. Cha, S. L. Kim, S. L. Kim, and B. Y. Son. 2001. Comparison of Grain Quality Characteristics in Waxy Corn Hybrids with a White and a Black Colored Pericarp. *Korean J. Breed.* 33(1):40-44.
- Jung T. W., S. L. Kim, S. W. Cha, and D. U. Kim. 2000. Kernel Characteristics and Germination Rate during the Grain Filling in Super Sweet Corn. *Korean J. Crop Sci.* 45(3):176-180.
- Kang, Y. K., S. U. Park, K. Y. Park, H. G. Moon, and S. J. Lee. 1985. Effects of Compost, Rate and Split Application of Nitrogen on Growth and Yield of Sweet Corn. *Korean J. Crop Sci.* 30(2):140-145.
- Kang, J. H., H. J. Lee, and B. H. Park. 1986. Effects of Nitrogen Level and Plant Population on Agronomic Characteristics and Yield in Silage Corn. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 6(1):44-48.
- Kim, J. D., D. A. Kim, J. G. Lee, and H. Y. Lee. 1999. Yield and quality of corn for silage as affected by hybrid and kernel milk line stage. *Korean J. Dairy Sci.* 21(3):207-220.
- Lee, S. S. and S. J. Choi. 1990. Nitrogen Uptake, Yield and Gross Income of Sweet corn as Affected by Nitrogen. *Korean. J. Crop Sci.* 35(1):83-89.
- Lee, S. M., G. H. Do, and E. J. Kim. 2012. Effects of Harvest Stage on Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Silage Corn in the Newly Reclaimed Hilly Land. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 32(3):253-264.
- Lee, I. S., B. H. Choe, W. K. Lee, and H. B. Lee. 1993. Inheritance of Pericarp Thickness of Waxy Maize. *Korean J. Crop Sci.* 38(6):489-494.
- Lee, M. S., T. G. Bok, Y. P. Choi, B. Y. Hong, Y. H. Jo, and H. B. Lee. 2011. Analysis on Botanical Characteristics, Physicochemical Properties Related to Table Qualities of the Developed Waxy Corn Hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 56(1):8-13.
- Lee, H. B., Y. P. Choi, T. G. Bok, I. K. Song, and H. J. Cha. 2009. Botanical and Ear Characteristics of the Yellow Glutinous Corn Hybrid, Daehakchal Gold 1, at Various Planting Stages. *J. Agri. Sci.* 36(2):123-127.
- Nunez, R. and E. Kamprath. 1969. Relationship bet. N respons, plant population and row width on growth and yield of corn. *Agron. J.* 61:279-282.
- Rudert, B. D. and S. J. Locascio. 1979. Growth and tissue composition of sweet corn as affected by nitrogen source, nitrapyrin, and season. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(4): 520-523.
- Shon, T. S., E. Y. Cho, T. S. Lee, and H. S. Shin. 2011. Computation of Non-point Source Pollutant Loads based on Hydrological Model according to Land Uses in Residential Area. *Journal of Korean society of Hazard mitigation.* 11(6):331-339.
- Van Soest, P. J. and J. B. Robertson. 1979. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. Proc. of a workshop held in Ottawa. Canada.