

단옥수수 주요 품종의 등숙 중 종실 이화학적 특성 변화

김미정*[†] · 박효진* · 김선림* · 정건호* · 김정태* · 신성휴* · 권영업* · 정일민**

*농촌진흥청 국립식량과학원, **건국대학교 생명환경과학대학 응용생물과학과

Changes in the Physicochemical Characteristics of Sweet Corn Kernels during Grain Filling Stage with Different Sowing Date

Mi-Jung Kim*[†], Hyo-Jin Park*, Sun-Lim Kim*, Gun-Ho Jung*, Jung-Tae Kim*, Seong-Hyu Shin*, Young-Up Kwon*, and Ill-Min Chung**

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

**Department of Applied Bioscience, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the kernel characteristics of sweet corn during ripening with different sowing date. Godangok and Guseulok were sown at April 10, July 10, July 20, and July 30 in 2013. Irrespective of sowing date, fresh and dry weight of 100 kernel, starch content, crude fat content, and hardness of sweet corn kernels were significantly increased according to maturation ($p < 0.05$). But moisture content, total sugar content, crude protein content and crude ash content of sweet corn kernels were significantly decreased according to maturation ($p < 0.05$). The changing rates of 100 kernel weight and starch content on kernels were faster at early sowing date than at late sowing date. The moisture content of sweet corn kernels was 68~69% at optimum for harvesting. The degree of sweetness on Godangok was about 1.8 and 1.4 times higher in sowing at July 20 and July 30 than in sowing at April 10. On the other hand, the degree of sweetness was similar regardless of sowing time on Guseulok. These results will be helpful to farmers for fall-harvest sweet corn cultivation and management.

Keywords : sweet corn, kernel characteristics, ripening, sowing date

옥수수는 종실 특성에 따라 마치종(dent corn), 경립종(flint corn), 연립종(flour corn), 튀김옥수수(pop corn)와 단옥수수(sweet corn) 등으로 나누어진다(Corona *et al.*, 2006). 우리나라의 식용 옥수수 재배면적은 2012년을 기준으로 약 17 천 ha를 유지하고 있다(MAFRA, 2013). 우리나라에서 단옥

수수는 주로 생식용으로 이용되고 있으며, 다른 작물에 비해 수익성이 높아 농가에서 주목 받고 있는 소득작물의 하나로 평가되고 있다. 단옥수수는 1973년부터 외국품종을 도입하면서부터 재배되기 시작하였고, 1982년에는 종자 70톤이 도입되어 약 4천 ha가 재배되었다(Park *et al.*, 1987). 농촌진흥청에서는 1984년 단옥 1호 육성을 시작으로 2014년 현재 단옥수수 8품종을 육성하였다(NICS, 2014). 그 중 2009년에 육성된 구슬옥은 자식계통 KSE19를 종자친, KSE7를 화분친으로 하여 교잡된 단교잡종으로 고당도 유전자인 *sugary enhancer (se)*를 도입하여 당도가 높고 일반 단옥수수와 달리 종실 색깔이 흰색과 노란색이 섞여있는 품종이고(Lee *et al.*, 2013), 2011년에 육성된 고당옥은 자식계통 KSE5를 종자친으로 하고 KSE19를 화분친으로 하여 교잡된 단교잡종으로 *se* 유전자를 가지고 있는 품종이다. 옥수수 배유의 전분 합성을 억제하는 유전자는 *brittle (bt)*, *brittle-2 (bt2)*, *shrunk (sh)*, *shrunk-2 (sh2)*, *shrunk-4 (sh4)*, *sugary-1 (su1)*, *sugary-2 (su2)*와 *sugary enhancer (se)*가 있는데(Park *et al.*, 2012), 그 중 *se* 유전자를 가지는 품종은 일반 단옥수수보다 당도가 2배 이상 높으며 질감이 매우 부드럽고 향이 좋다고 한다(Lertrat & Pulam, 2007).

가을 출하용 단옥수수 연구는 80~90년대에 이루어졌으나 주로 수입품종인 Golden Cross Bantam 70 등을 이용한 연구가 대부분이었고(Kim *et al.*, 1998; Jong & Heo, 1992), 단옥수수의 등숙 중 이화학적 특성 변화에 대한 연구는 출사 후 일수에 따른 단옥 1호 등 3품종의 립중, 유리당 및 전분 함량 변화 연구(Lee *et al.*, 1987)가 보고되었으나 그 후

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6752 (E-mail) tyche@korea.kr

<Received 25 August 2014; Revised 30 September 2014; Accepted 9 October 2014>

국내에서 육성된 단옥수수 품종의 등숙 특성에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 현재 가을 출하를 위한 단옥수수 재배는 남부지방에서 일부 이루어지고 있으나, 최근 육성된 단옥수수 품종의 파종시기에 따른 등숙 중 종실의 이화학적 특성에 대한 연구 및 관련 정보가 전무하다. 따라서 본 연구는 단옥수수 주요 품종인 고당옥과 구슬옥의 등숙 중 이화학적 특성을 비교하여 고품질 단옥수수 생산 재배법을 보급하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 연구에서는 파종시기에 따른 단옥수수의 등숙 중 종실의 이화학적 특성 변화를 비교하기 위하여 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 품종인 고당옥과 구슬옥을 이용하였다. 수원시 권선구 탐동 소재 국립식량과학원 발작물시험연구포장에서 재배하였으며, 파종은 4월 10일, 7월 10일, 7월 20일과 7월 30일 4회 시차파종 하였다. 재식거리는 식용옥수수 표준 재식밀도(5,500 본/10a)에 따라 70 × 25 cm로 하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비를 10a 당 15-3-6-1,000 kg 수준으로 사용하였는데, 질소비료의 절반은 기비로 주고 나머지는 옥수수가 5~6엽기에 도달했을 때 추비로 주었다. 그 외 재배 관리는 옥수수 표준재배법(RDA, 2011)에 준하였다. 단옥수수 종실은 출사일에서 12일 후부터 2일간격으로 채취하여 성분분석에 사용하였다.

100립중 및 종실 수분 함량

파종시기에 따른 단옥수수의 등숙 중 100립중 변화는 이삭 중간부위의 종실을 이용하여 생중량과 건중량을 측정하였다. 수분 함량은 상압 가열건조법을 이용하여 105°C 건조기에서 24시간 건조하여 조사하였다.

조단백 함량

조단백 함량은 micro-Kjeldahl법으로 분석하였다. 시료 0.2 g을 단백질 분해관에 넣고 황산 10 mL와 촉매제를 첨가한 후 Kjeltac™ 2200 auto distillation unit (Foss Tecator, Huddinge, Sweden)을 이용하여 420°C에서 40분간 분해하고 30분간 상온에서 냉각시키고 나서 Kjeltac™ 2400 auto analyzer unit (Foss Tecator, Huddinge, Sweden)을 이용하여 질소함량을 측정 후 조단백 함량을 구하였다.

조지방 함량

조지방 함량은 Soxtherm automatic system (Gerhardt Soxtherm

2000, Hoffmannstre, Germany)을 이용하여 정량하였다. 분쇄된 단옥수수 시료 3 g을 extraction thimble에 담고 n-hexane 140 mL와 비등석을 함께 넣고 extraction thimble이 용매에 잠긴 상태로 180°C에서 30분간 가열하여 시료의 조지방을 용출시킨 후 80분 동안 5회에 걸쳐 추출용매를 수거하였다. 그 후 용출된 조지방을 담고 있는 수기를 105°C에서 1시간 동안 건조 후 방냉하고 무게를 측정하여 조지방의 함량을 구하였다.

조회분 함량

조회분 함량은 항량이 된 도가니에 분쇄된 시료 1 g을 취하여 무게를 측정한 후 핫플레이트에서 회화하고, 전기 회화로(DS-84E, Dasol scientific Co., Ltd, Korea)를 이용하여 600°C에서 4시간 동안 회화시킨 후 데시케이터에 옮겨 2시간 동안 방냉한 후 도가니의 무게를 측정하여 구하였다.

유리당 및 전분 함량 분석

파종시기에 따른 단옥수수의 등숙 중 유리당 함량 변화는 Jung *et al.* (2005)의 방법으로 HPLC (Waters 510 pump, Milford, MA, USA)을 이용하여 분석하였다. 컬럼은 Supelcosil LC-NH₂ column (4.6×250 mm, Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였고, solvent는 75% acetonitrile, flow rate는 1.5 mL/min, detector는 RI로 하였고, injection volume은 20 µL였다. 표준물질로 사용한 fructose, glucose, maltose, sucrose는 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다. 전분 함량은 total starch assay kit (Megazyme international, Wicklow, Ireland)와 UV-Vis spectrophotometer (U-2800, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다.

경도 측정

단옥수수 종실의 경도는 종실 30립을 스테인레스 용기에 물 5 mL과 함께 넣고 98~100°C의 상압에서 50분간 열을 가한 후 즉시 꺼내어 보온을 유지시키면서 texture analyzer (TA instruments, USA)의 2mm probe를 이용하여 test speed 1mm/s로 측정하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS 9.2 (Statistical analysis systems Inc., Raleigh, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며 던컨의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

단옥수수 재배기간의 기상

본 시험을 수행한 2013년의 단옥수수 재배기간 동안 순별 평균기온, 강수량과 일조시간을 평년(1981~2010)의 자료와 함께 Fig. 1에 나타내었다. Herrero & Johnson (1980, 1981)은 옥수수의 생육과 수량은 온도, 강수량, 그리고 일장과 밀접하게 관련이 있다고 보고한 바 있다.

4월 10일에 파종한 단옥수수의 재배기간인 4월 중순~7

월 중순의 평균기온은 약 19.5°C로 평년보다 0.5°C 정도 높고, 강수량은 약 507 mm로 평년보다 약 10 mm 많았으며, 일조시간은 약 623 시간으로 평년보다 약 16시간 짧았다. 7월에 파종한 단옥수수의 재배기간인 7월 중순~10월 하순의 평균기온은 약 22.4°C로 평년보다 1.3°C 정도 높고, 강수량은 약 661 mm로 평년보다 약 106 mm 적었으며, 일조시간은 약 710 시간으로 평년보다 약 69시간 길었다(Fig. 1).

일반적으로 옥수수의 생육 적온은 25~30°C인데, 가을 출하를 위한 재배시에는 고온기에 영양생장기와 출사기를 거치게 된다. Herrero & Johnson (1980)은 기온이 32°C 이상의 고온으로 지속되면 화분의 발육정지 및 파열로 수정불량을 일으킨다고 하였다. 재배기간 중에서 일일 최고온도가 32°C 이상으로 높았던 시기는 8월 상순에서 하순까지 였는데 7월 10일 파종한 단옥수수의 출사개화기 직전이었다(Fig. 1). Song *et al.* (1985)은 생육기간의 강수량은 생육 전반에 필요하고 1개월에 90 mm 정도가 적당하며 시기적으로는 출사개화기부터 1개월이 옥수수 생육에 중요하다고 하였다. 재배기간 중의 강수량은 6월 하순~7월 중순에 약 263 mm, 8월 중순~9월 중순에 200 mm였다. 이상의 기상 조건으로 볼 때 단옥수수 재배가 가능하다고 판단되었다.

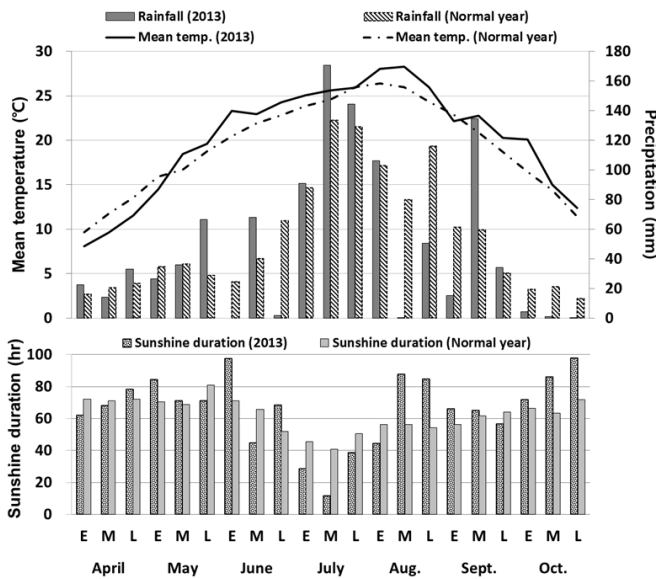


Fig. 1. Variation of mean temperature, precipitation, and sunshine duration per ten days during the sweet corn growth period in 2013.

종실 수분 함량 및 100립중 비교

단옥수수의 종실의 수분 함량은 등숙이 진행됨에 따라 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 유의하게 감소하였다(p<0.05). 등숙 중 종실의 수분 함량의 변화를 조사한 Sanderson *et al.* (1979)은 출사 후 15일에 수분 함량이 85~87% 정도에서 출사 후 60일에는 23% 이하로 떨어졌다고 하였다.

종실 100립 생중의 변화는 Fig. 4에 나타낸 바와 같다. 4월 10일에 파종한 고당옥은 출사 후 일수가 경과함에 따라 13.8~32.5 g의 범위에서 증가하였고, 7월 10일 파종은 13.5~39.38 g의 범위에서 증가하였다(p<0.05). 7월 20일과 7월 30일 파종은 각각 10.9~35.6 g, 11.9~31.6 g의 범위에서 유의하게 증가하다가 감소하는 추세를 보였는데 이는 등숙 속도의 지연과 함께 종실 수분함량의 감소와도 관계가 있을 것으로 판단된다. 한편, 구슬옥은 4월 10일 파종에서는 13.3~34.5 g의 범위에서 증가하였고, 7월 10일 파종은 12.6~33.8 g의 범위에서 증가하였다(p<0.05). 7월 20일과 7월 30일 파종은 각각 11.1~33.4 g, 10.2~28.5 g의 범위에서 유의하게 증가하다가 32~34일 이후 감소하는 경향을 보였다. 종실 100립의 생중은 전분(0.91^{***}), 조지방 함량(0.89^{***}) 및 경도(0.73^{***})와 고도의 정의상관을 보였고, 종실 수분(-0.94^{***}), 조단백(-0.83^{***}) 및 조회분 함량(-0.90^{***})과는 고도의 부의상관을 보였다(Table 1).

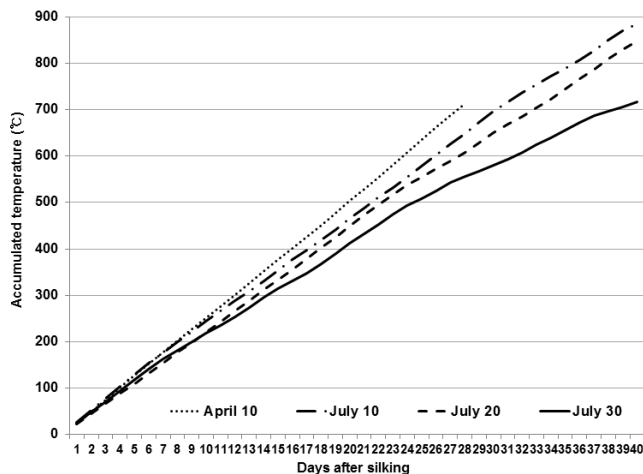


Fig. 2. Variation on the accumulated temperature during the grain filling stage in sweet corn with different seeding dates.

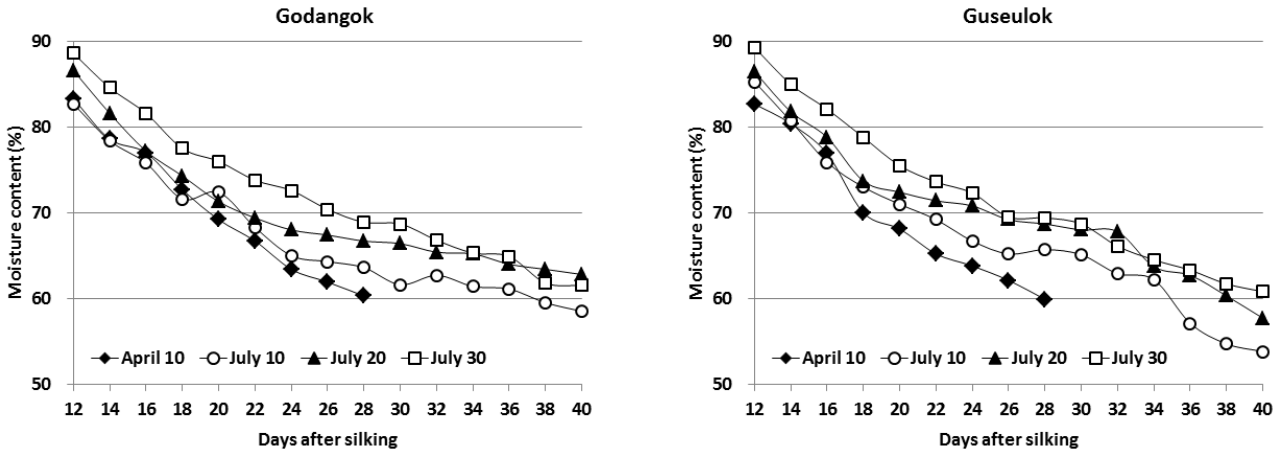


Fig. 3. Comparison on the moisture contents of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

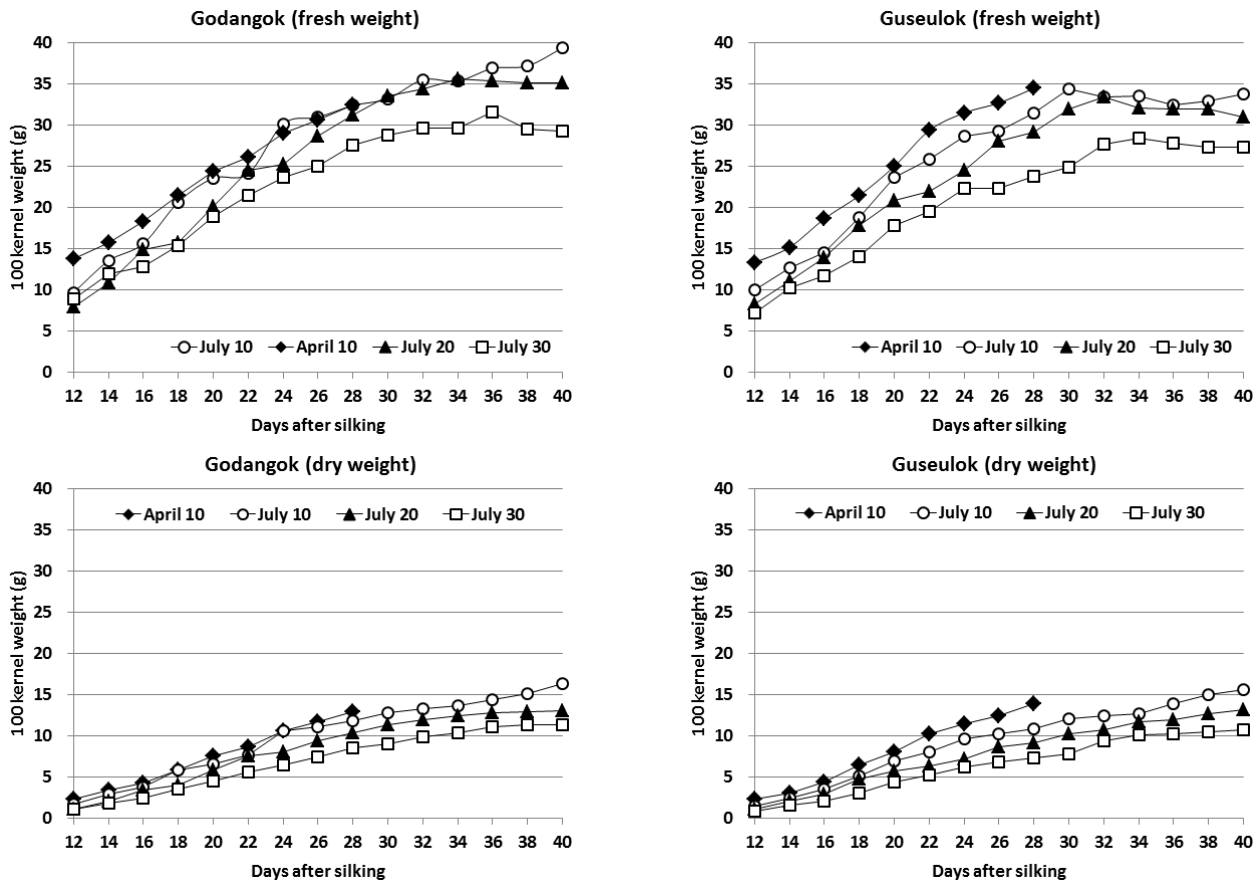


Fig. 4. Changes of the fresh weight (fw) and dry weight (dw) of 100 kernel on sweet corn according to days after silking with different sowing dates.

중실 100립의 건중은 고당옥과 구슬옥 모두 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 증가하였으며($p < 0.05$, Fig. 4), 증가 속도는 4월 10일 파종구가 가장 빠르고 7월 30일 파종구가 가장 느린 것으로 나타났다. 이것은 파종 시기가

늦어질수록 식물체가 영양생장에 고온 환경에서 성장하여 생육이 급진전 되고 호흡에 의한 소모가 많으며 유기물의 생성이 저하되어 상대성장률(relative growth rate)이 낮으며(Kim *et al.*, 1998), 100립중의 증가 속도가 느려지는

Table 1. Relationships among moisture content, 100-kernel weight, starch content, crude protein content, crude fat content, crude ash content, and hardness in dry weight of sweet corn according to days after silking.

	100-kernel weight (w.b.)	100-kernel weight (d.b.)	Starch	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Hardness
Moisture	-0.94***	-0.96***	-0.91***	0.83***	-0.91***	0.92***	-0.74***
100-kernel weight (w.b.)		0.98***	0.91***	-0.83***	0.89***	-0.90***	0.73***
100-kernel weight (d.b.)			0.88***	-0.79***	0.92***	-0.87***	0.80***
Starch				-0.81***	0.85***	-0.93***	0.61***
Crude protein					-0.66***	0.88***	-0.53***
Crude fat						-0.81***	0.77***
Crude ash							-0.57***

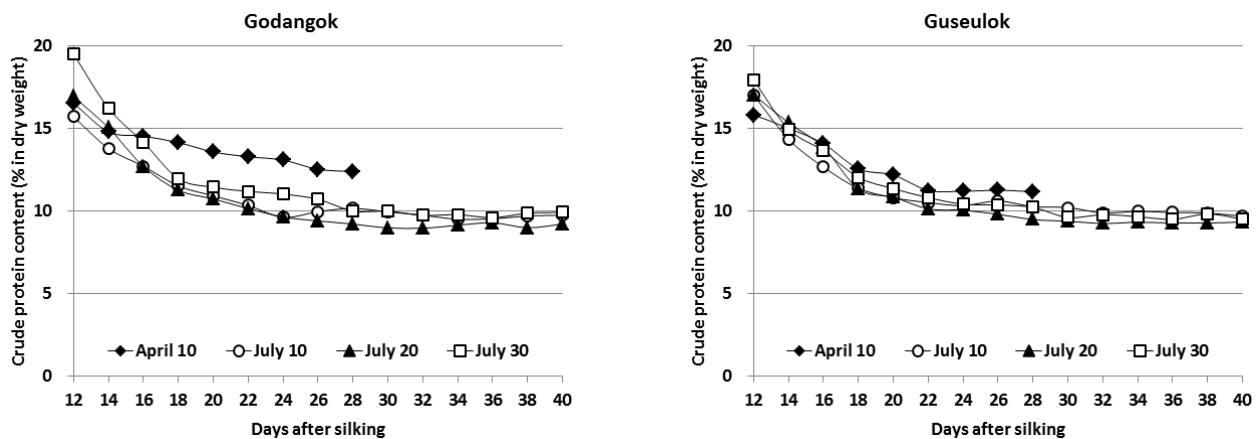


Fig. 5. Comparison on the crude protein contents of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

것은 Fig. 1과 2에 나타낸 바와 같이 등숙 기간 중의 평균 기온이 점점 낮아져 상대적으로 적산온도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다. 또한 파종 시기가 늦어질수록 동일한 출사 후 일수에 채취한 종실의 100립중이 가벼운 것은 등숙 기간보다 등숙 속도가 립중과 더 관계가 깊다고 한 Mostafavi & Cross (1990)의 보고와도 비슷한 결과였다. 종실 100립의 건중은 생중(0.98***), 전분(0.88***), 조지방 함량(0.92***) 및 경도(0.80***)와 고도의 정의상관을 보였고, 종실 수분(-0.96***), 조단백(-0.79***) 및 조회분 함량(-0.87***)과는 고도의 부의상관을 보였다.

조단백, 조지방 및 조회분 함량 비교

파종시기에 따른 단옥수수 종실의 조단백, 조지방과 조회분 함량은 Fig. 5~7에 나타내었다.

조단백 함량은 파종시기와 관계없이 등숙 초기에 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 감소하고 후기에는 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 5). 고당옥의 조단백 함량은 4

월 10일 파종구에서는 12.4~16.5%, 7월 10일 파종은 9.5~15.7%, 7월 20일 파종은 9.0~16.9%, 7월 30일 파종은 9.6~19.5%의 범위였고, 구슬옥은 4월 10일 파종구에서는 11.2~15.8%, 7월 10일 파종은 9.7~17.0%, 7월 20일 파종은 9.2~17.0%, 7월 30일 파종은 9.5~17.9%의 범위였다. Sanderson *et al.* (1979)은 *sugary-1 (su1)* 유전자를 가지는 3품종의 등숙 중 단백질 함량의 변화를 조사한 결과 출사 후 15일에 단백질 함량이 20% 정도에서 출사 후 30일에는 12% 정도로 감소하였으며, 그 후 출사 후 45일과 60일에도 12% 정도를 유지하였다고 보고하였는데, 이번 연구 결과에서도 함량의 차이는 있었지만 비슷한 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

조지방 함량은 파종시기와 관계없이 출사 후 일수가 경과함에 따라 지속적으로 증가하였다($p < 0.05$, Fig. 6). 고당옥은 4월 10일 파종구에서는 4.0~8.2%, 7월 10일 파종은 1.8~8.3%, 7월 20일 파종은 2.2~7.9%, 7월 30일 파종은 1.7~7.4%의 범위에서 유의하게 증가하였고, 구슬옥은 4월

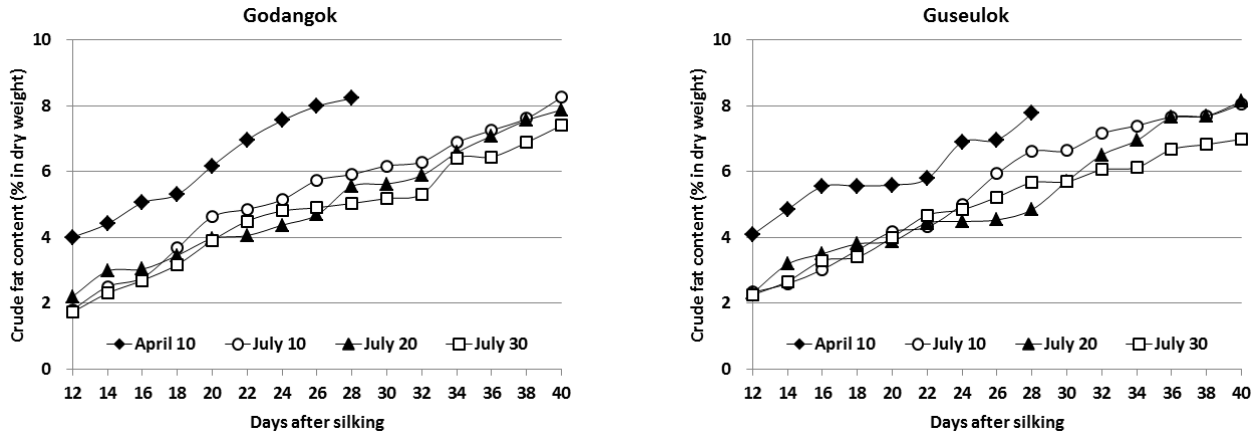


Fig. 6. Comparison on the crude fat contents of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

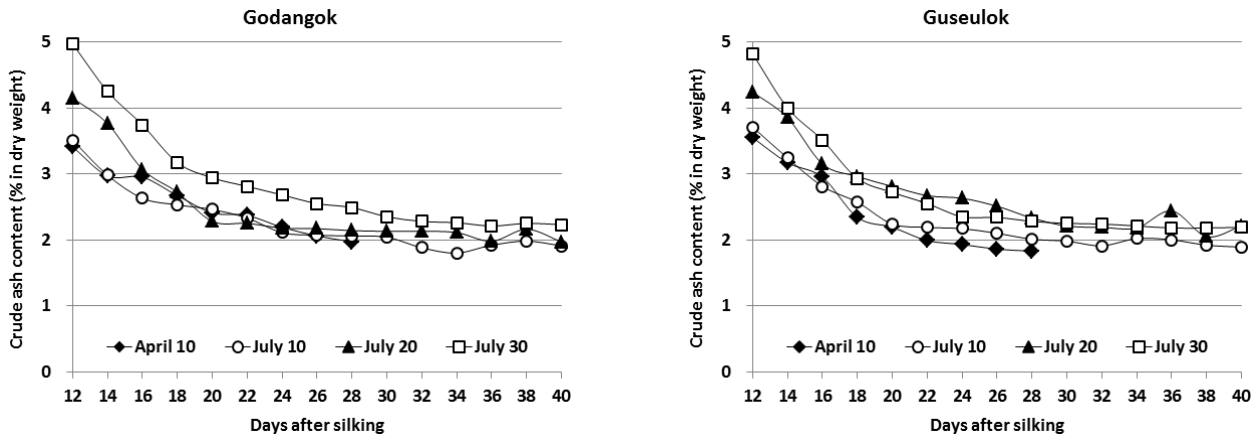


Fig. 7. Comparison on the crude ash contents of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

10일 파종구에서는 4.1~7.8%, 7월 10일 파종은 2.3~8.0%, 7월 20일 파종은 2.3~8.1%, 7월 30일 파종은 2.3~7.0%의 범위에서 함량이 유의하게 증가하였다. 단옥수수 3품종을 출사 후 15, 30, 45와 60일에 수확하여 분석한 Sanderson *et al.* (1979)은 조지방 함량이 출사 후 15일에 3% 정도에서 출사 후 60일에는 7~8% 까지 증가하였다고 보고하였으며, 여러 연구 보고에서도 지방의 축적은 등숙 중 계속 진행되며 전분과 단백질의 축적이 멈춘 후 식물체가 고사할 때까지도 지속된다고 한다(Evans, 1941; Ingle *et al.*, 1965; Watson, 1987).

조회분 함량은 출사 후 일수가 경과함에 따라 함량이 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$, Fig. 7). 고당옥은 4월 10일 파종구에서는 2.0~3.4%, 7월 10일 파종은 1.8~3.5%, 7월 20일 파종은 2.0~4.2%, 7월 30일 파종은 2.2~5.0%의 범위에서 유의하게 감소하였다. 구슬옥은 4월 10일 파종구에서는 1.8~3.6%, 7월 10일 파종은 1.9~3.7%, 7월 20일 파종은

2.1~4.2%, 7월 30일 파종은 2.2~4.8%의 범위에서 유의하게 감소하는 경향을 보였다. Sanderson *et al.* (1979)의 연구 결과에서도 조회분 함량은 4.2~5.5%에서 1.6~2.7%까지 감소하는 것으로 보고하였다.

유리당 함량 및 조성 비교

단옥수수 종실의 총 유리당 함량은 파종시기와 관계없이 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 감소하였으나($p < 0.05$, Fig. 8), 유리당을 구성하는 fructose, glucose, sucrose와 maltose의 조성은 파종시기에 따라 차이를 보였다(Fig. 9).

총 유리당 함량은 출사 후 일수가 경과함에 따라 고당옥은 4월 10일 파종구에서는 3.3~9.3%, 7월 10일 파종은 2.9~13.8%, 7월 20일 파종은 3.1~13.9%, 7월 30일 파종은 3.4~14.6%의 범위에서 유의하게 감소하였다. 구슬옥 역시 4월 10일 파종구에서는 3.3~11.5%, 7월 10일 파종은 2.4~15.1%, 7월 20일 파종은 1.4~13.6%, 7월 30일 파종은 2.3~14.1%

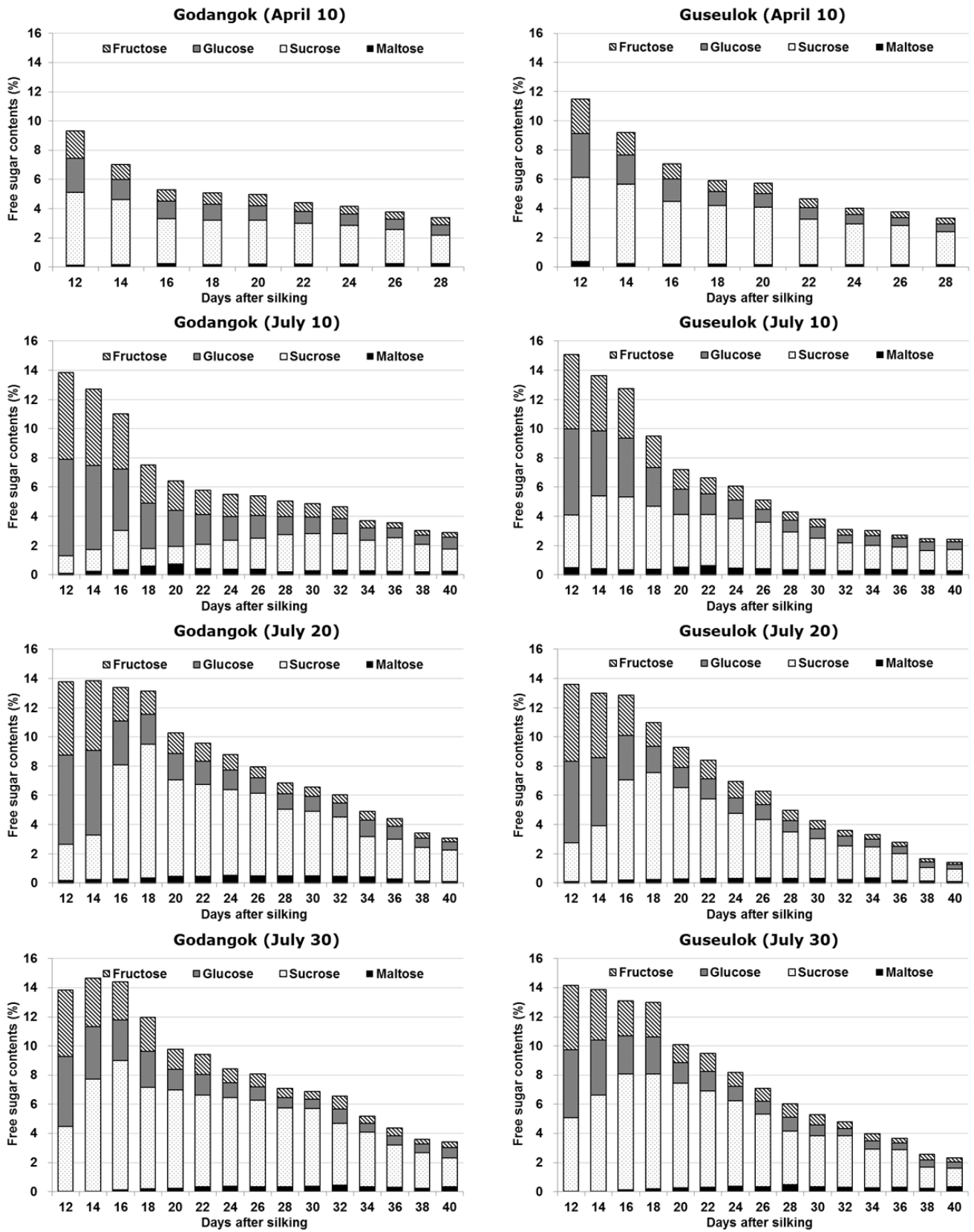


Fig. 8. Changes on the total sugar content of sweet corn kernel according to ripening with different sowing dates.

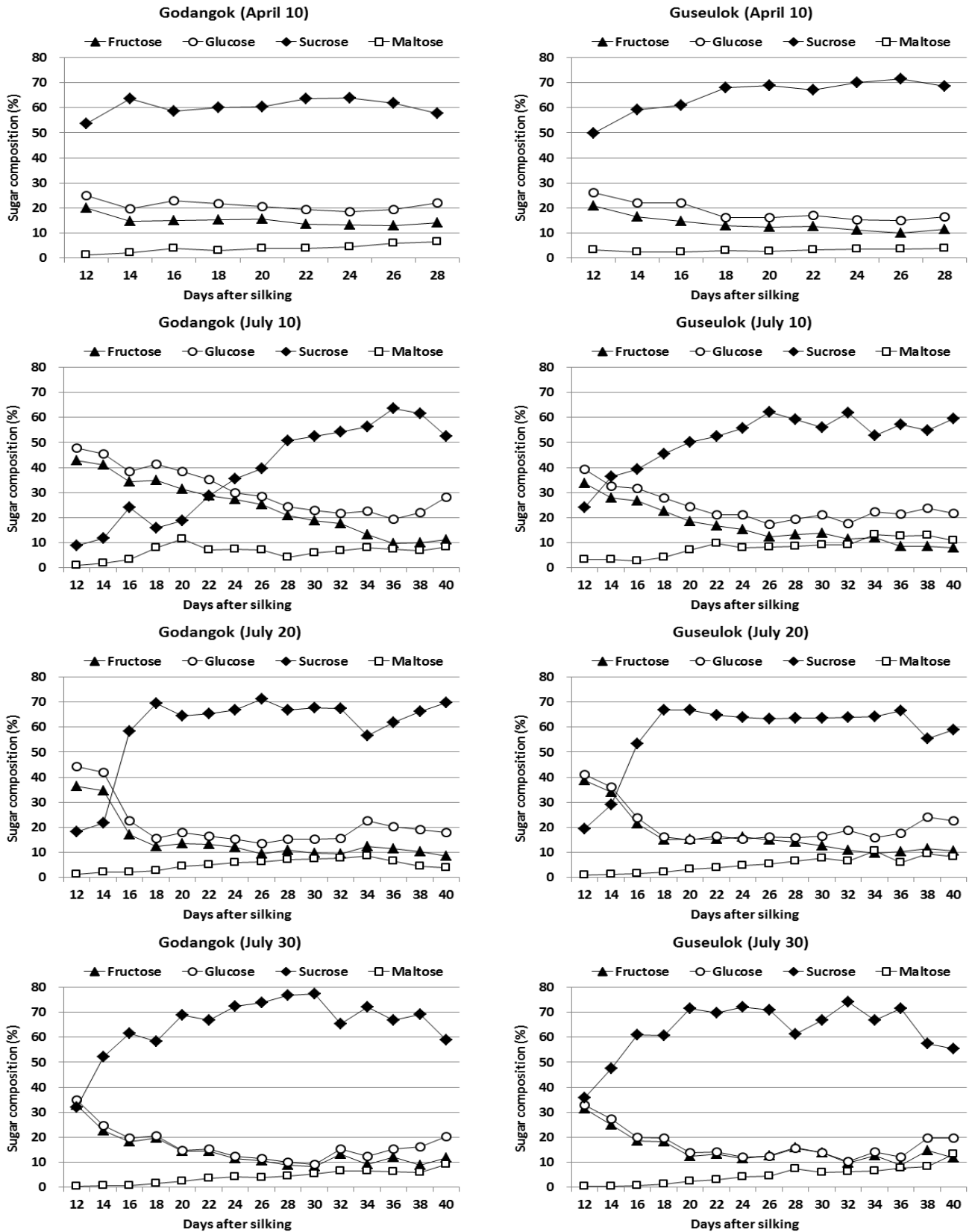


Fig. 9. Comparison on the sugar composition of sweet corn kernel according to ripening with different sowing dates.

의 범위에서 유의하게 감소하는 경향을 보였다. Tateishi *et al.* (1986)은 등숙이 진행됨에 따라 유리당 함량이 감소하는 것은 종실에 전분과 함께 phytyglycogen 등 다당류가 축적되기 때문이라고 하였다.

파종시기에 따른 유리당 조성을 비교해보면 4월 10일 파종구에서는 고당옥은 출사 후 12일에서 28일까지 fructose, glucose와 sucrose는 감소하고 maltose는 증가하는 경향을 보였고, 구슬옥 모든 성분의 함량이 감소하였으며(Fig. 8), 총 유리당 함량의 50% 이상을 sucrose가 차지하고 있었다(Fig. 9). 그러나 7월 20일과 7월 30일 파종구에서는 출사 후 12일에서 40일까지 fructose와 glucose는 감소하고, sucrose는 출사 후 16~18일까지 최대로 증가하였다가 감소하며, maltose는 증가했다가 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 8). 또한 출사 후 12~14일까지는 fructose와 glucose가 각각 30% 이상을 차지하였으며, 출사 후 16일 이후부터는 sucrose가 50% 이상을 차지하였다. 7월 10일에 파종한 구슬옥 역시 초기에는 fructose와 glucose의 함량이 높았으나 출사 후 20일 이후에는 sucrose가 유리당 함량의 50% 이상을 구성하고 있었다. 이와 같은 결과는 등숙이 진행됨에 따라 glucose와 fructose 함량은 줄어들고 수확기 이후의 주된 당 성분은 sucrose 라는 Lee *et al.* (1987)의 보고와 비슷하였다. 7월 10일에 파종한 고당옥의 sucrose 함량은 특이하게 출사 후 16~18일 사이에 낮아졌다가 다시 높아지는 경향을 보였는데 이 시기에 전분 함량은 급격히 증가된 것으로 나타났다. 이러한 결과에 대한 해석을 위해서는 추후 생리생태적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

전분 함량 비교

단옥수수의 등숙 중 전분 함량을 측정한 결과는 Fig. 10

와 같다. 전분 함량은 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 고당옥은 4월 10일 파종구에서는 34.8~58.9%, 7월 10일 파종은 29.7~59.8%, 7월 20일 파종은 28.3~62.0%, 7월 30일 파종은 18.7~55.8%의 범위에서 유의하게 증가하였다. 구슬옥은 4월 10일 파종구에서는 32.1~58.5%, 7월 10일 파종은 26.9~62.1%, 7월 20일 파종은 28.6~62.0%, 7월 30일 파종은 17.0~58.4%의 범위에서 유의하게 증가하였다. Tateishi *et al.* (1986)은 전분의 축적이 출사 후 13일부터 시작하였다고 보고한 바 있으나 이번 연구 결과에서는 이보다 빠르게 전분의 축적이 시작된 것으로 판단되며 이것은 품종간의 차이에 기인된 것이라 사료된다. 단옥수수 종실의 생중 100 g 당 건물 함량과 일반 성분 함량의 변화를 정리한 Fig. 11에 나타난 바와 같이 다른 성분의 함량 보다 전분 함량의 증가가 종실의 건물 함량 증가에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 이 결과는 Lee *et al.* (1987)이 전분의 축적은 립중의 증가와 관계가 있을 것이라고 한 보고와 비슷하였으며, 전분 함량은 종실 100립의 생중(0.88^{***}) 및 건중(0.86^{***})과 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타났다(Table 1). 전분 함량의 증가 속도 역시 립중과 마찬가지로 파종이 늦어질수록 느려지는 경향을 보였다.

종실 경도 비교

단옥수수 등숙 중 종실의 경도를 측정한 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 종실의 경도는 출사 후 일수가 경과할수록 유의하게 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). Burton (1982) 역시 단옥수수 종실이 성숙할수록 경도가 증가한다고 보고하였다. 종실의 경도는 종실 100립의 생중(0.73^{***}), 건중(0.80^{***}), 전분(0.61^{***}) 및 조지방 함량(0.77^{***})과 고도의 정

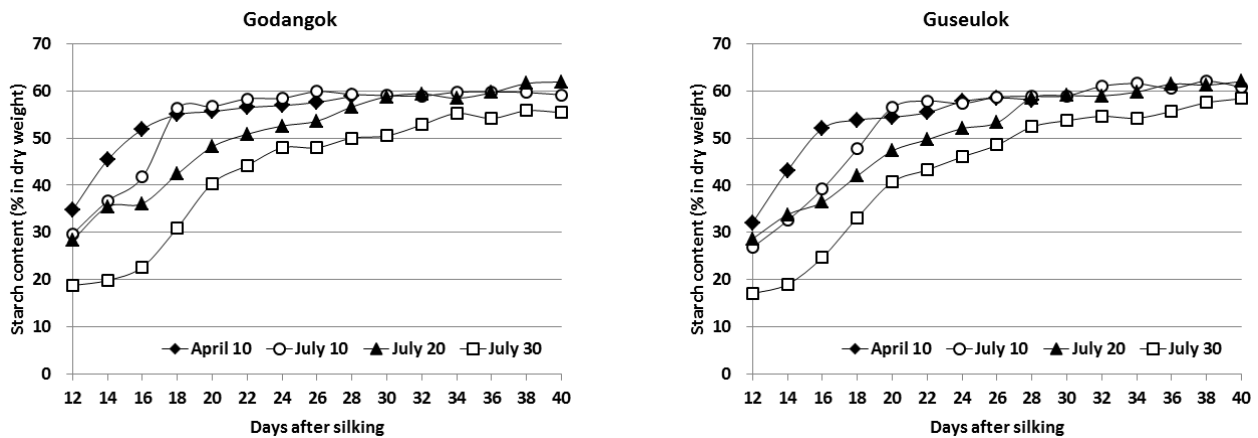


Fig. 10. Comparison on the starch contents of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

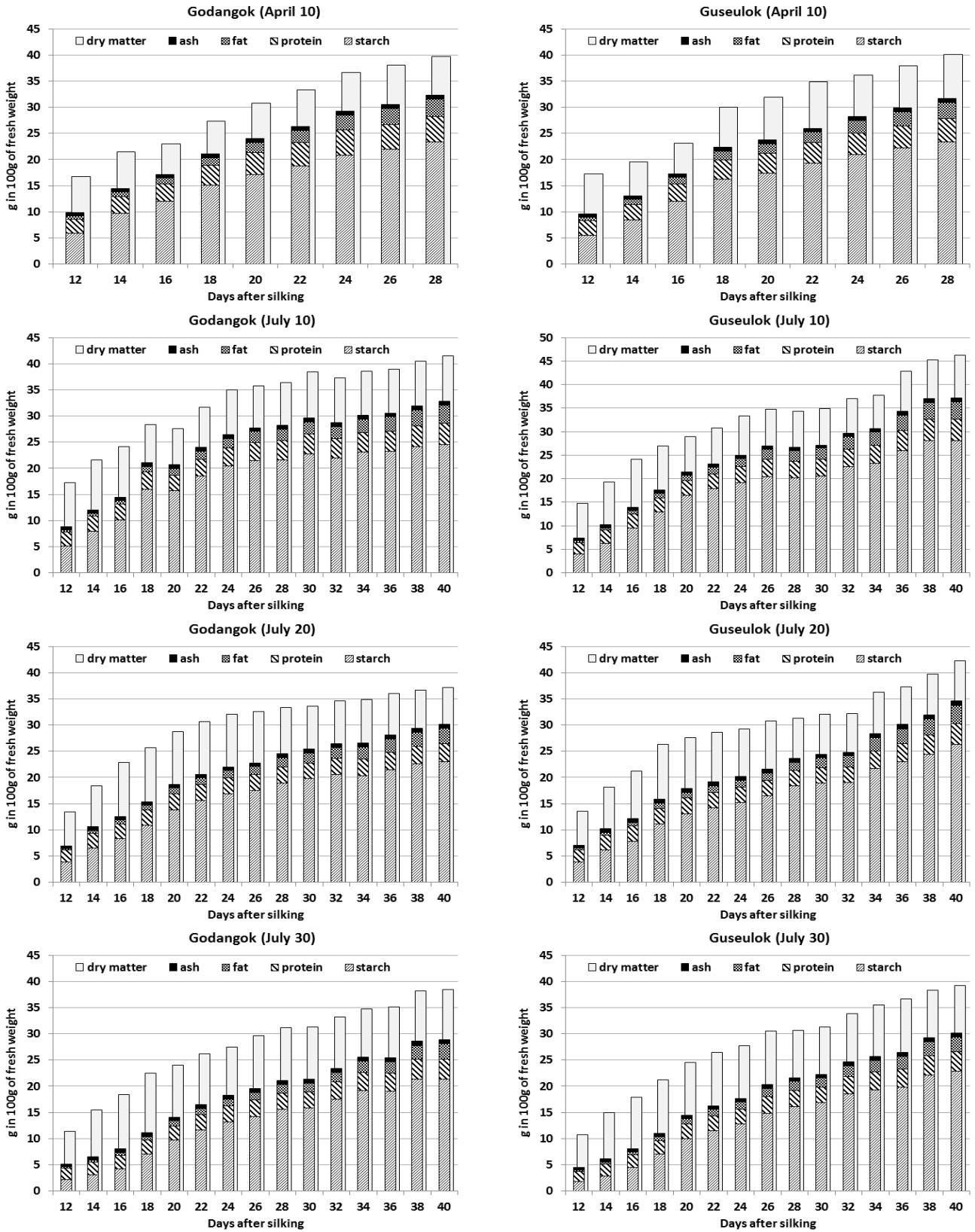


Fig. 11. Changes on the starch, protein, fat, ash and dry matter contents of sweet corn kernel according to ripening with different sowing dates. Values are % of fresh weight.

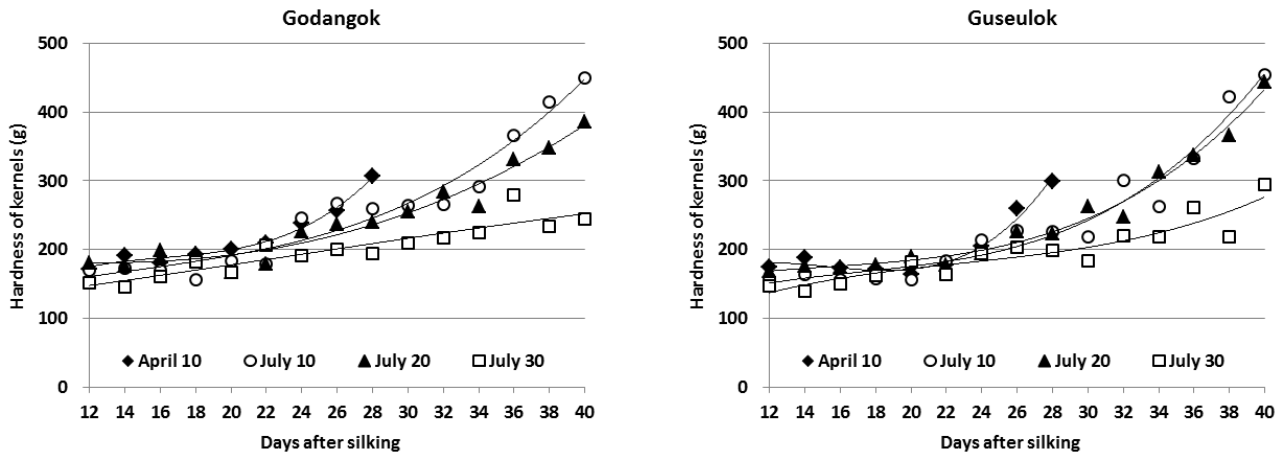


Fig. 12. Comparison on the hardness of sweet corn kernel according to days after silking with different sowing dates.

의상관을 보였고, 종실 수분(-0.74^{***}), 조단백(-0.53^{***}) 및 조회분 함량(-0.57^{***})과는 고도의 부의상관을 보였다.

수확 적기 비교

단옥수수의 상품가치는 수확시기에 따라 크게 좌우되므로 당도와 개체의 신선도를 유지하기 위해서는 최적수확기를 정확히 판단하여 품질이 저하되지 않도록 하는 것이 중요하다고 한다(Jin, 1980). Hazu (1965)는 수분이 많고 전분이 증가하지 않으며 과피가 부드럽고 그 외에 당분 함량, 풍미 및 종합적 식미가 최고를 나타내는 출사 후 16~19일이 수확 적기라고 하였고, Park (1982)은 이삭 발달 정도와 당도를 고려하면 단옥수수는 출사 후 20~25일이 수확 적기라고 하였다. 이와 같은 결과는 단옥수수 품종과 재배시기에 따라 차이가 있을 것으로 판단된다. 이번 연구를 통하여 판단한 파종시기에 따른 단옥수수의 수확 적기는 4월 10일 파종의 경우에는 출사 후 약 20일 정도였고, 7월 10일 파종은 출사 후 약 22~24일, 7월 20일 파종은 출사 후 약 24~26일, 7월 30일 파종은 출사 후 약 28~30일 정도였다. Song *et al.* (1985)은 출사에서 수확까지의 일수가 파종이 늦어질수록 길어지는 것은 저온, 일조부족으로 생육량이 감소한 것이 원인이라고 하였다.

수확 적기의 종실 수분함량은 68~69% 정도였는데, 품종간이나 재배시기간의 차이는 있겠지만 Huelsen (1954)는 cream style의 통조림용 옥수수의 적정 수분 함량은 약 68~70% 라고 보고한 바 있다. 전체적으로 적기에 수확한 단옥수수 100립의 생중과 건중 모두 4월 10일 파종에 비하여 7월에 파종한 것이 더 무거운 것으로 나타났다. 조단백과 조지방 함량은 4월 10일 파종이 높게 나타났고 조회분 함량은 차이가 없었다. 수확 적기 단옥수수 종실의 전분 함량은 7

월 10일 파종이 가장 높았고 7월 30일 파종이 가장 낮은 것으로 조사되었으며, 경도는 7월 20일 파종이 가장 높은 것으로 나타났다.

적기에 수확한 단옥수수의 총 유리당 함량을 비교한 결과 고당옥은 7월 20일 파종이 가장 높았고 구슬옥은 7월 10일 파종이 가장 높은 것으로 조사되었다($p < 0.05$). Joesten *et al.* (2007)은 sucrose의 단맛 정도를 1로 하였을 때 fructose는 1.17, glucose는 0.74, 그리고 maltose는 0.33 이라고 하였다. 이를 바탕으로 각 파종시기별 적기에 수확한 단옥수수의 단맛을 비교한 결과 고당옥은 4월 10일 파종한 것에 비해 7월 20일 파종한 것의 단맛이 약 1.8배 높았고, 7월 30일 파종은 약 1.4배 높았으며 7월 10일 파종은 비슷하였다. 반면 구슬옥은 파종시기와 상관없이 단맛의 정도가 비슷하였다.

적 요

본 연구에서는 단옥수수 주요 품종인 고당옥과 구슬옥을 재배하여 고품질 단옥수수 생산 재배법을 보급하기 위한 기초자료를 제공하고자 종실의 등숙 중 이화학적 특성 변화를 조사하였다. 파종시기와 관계없이 등숙이 진행됨에 따라 수분 함량은 감소하고, 종실 100립의 생중과 건중은 증가하였고($p < 0.05$), 파종시기가 늦어질수록 100립중의 증가 속도는 느려졌다. 종실의 조단백과 조회분 함량은 출사 후 일수가 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 조지방 함량은 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 단옥수수 종실의 총 유리당 함량은 파종시기와 관계없이 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 감소하였으나($p < 0.05$), 유리당을 구성하는 fructose, glucose, sucrose와 maltose의 조성은 파종시기에 따라 차이

를 보였으며 그 중 sucrose가 대부분을 차지하고 있었다. 종실의 전분 함량과 경도는 출사 후 일수가 경과함에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였으며($p<0.05$), 전분 함량의 증가 속도 역시 100립중과 마찬가지로 파종이 늦어질수록 느려지는 경향을 보였다. 수확 적기의 종실 수분함량은 68~69% 정도였으며, 전분 함량은 7월 10일 파종이 가장 높았고 7월 30일 파종이 가장 낮았다. 적기에 수확한 단옥수수의 단맛을 비교한 결과 고당옥은 4월 10일 파종한 것에 비해 7월 20일, 7월 30일 파종이 약 1.8배와 1.4배 단맛이 높은 반면 구슬옥은 파종시기와 상관없이 단맛의 정도가 비슷하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(ATIS 과제번호: PJ00871201)의 지원으로 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Burton, L. V. 1982. The measurement of maturity of country gentleman corn. *Canner* 54 : 27-29.
- Corona, L., F. N. Owens, and R. A. Zinn. 2006. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84 : 3020-3031.
- Evans, J. W. 1941. Changes in the biochemical composition of the corn kernel during development. *Cereal Chem.* 18 : 468-473.
- Hazu, G. 1965. Changes in quality during maturation of sweet corn. *Agriculture and Horticulture* 40 : 1271-1272.
- Herrero, M. P., and R. R. Johnson. 1980. High temperature stress and pollen viability of maize. *Crop Sci.* 20(6) : 796-800.
- Herrero, M. P., and R. R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21(1) : 105-110.
- Huelsen, W. A. 1954. *Economic Crops Vol.4. "Sweet corn"*. New York. Interscience Publishers. p. 409.
- Ingle, J., D. Beitz, and R. H. Hageman. 1965. Changes in composition during development and maturation of maize seeds. *Plant Physiol.* 40 : 835-839.
- Jin, S. K. 1980. Studies on the cultivation system establishment of sweet corn in southern area. *J. Life Sci. & Nat. Res.* 3 : 81-92.
- Joesten, M. D., J. L. Hogg, and M. E. Castellion. 2007. Sweetness Relative to Sucrose. *The World of Chemistry: Essentials (4th ed.)*. Belmont, California. Thomson Brooks. p. 359.
- Jong, S. K., and S. S. Heo. 1992. Effects of planting date and density on ear characters in sweet and waxy-corns (*Zea mays* L.). *Jour. Agr. Sci., Chungbuk Nat'l Univ.* 10(1) : 243-254.
- Jung, T. W., S. L. Kim, H. G. Moon, B. Y. Son, S. J. Kim, and S. K. Kim. 2005. Major characteristics related to eating quality in waxy corn hybrids. *Korean J. Crop Sci.* 50(S): 152-160.
- Kim, E. S., S. K. Kim, B. Y. Son, D. H. Kim, and D. J. Kang. 1998. Growth characteristics and yield of fresh vegetable corn in double cropping. *RDA J. Crop Sci.* 40(2) : 166-170.
- Lee, J. S., T. W. Jung, B. Y. Son, J. T. Kim, G. H. Jung, S. H. Shin, S. K. Kim, J. H. Seo, J. E. Lee, S. B. Baek, S. L. Kim, C. K. Kim, W. H. Kim, and Y. U. Kwon. 2013. A new sweet corn hybrid with good eating quality and high sugar content, 'Guseulok'. *Korean J. Breed. Sci.* 45 : 416-419.
- Lee, S. S., T. J. Kim, and J. S. Park. 1987. Sugars, soluble solids and flavor as influenced by maturity of sweet corn. *Korean J. Crop Sci.* 32 : 86-91.
- Lertrat, K and T. Pulam. 2007. Breeding for increased sweetness in sweet corn. *International Journal of Plant Breeding* 1 : 27-30.
- MAFRA. 2013. *Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Mostafavi, M. R., and H. Z. Cross. 1990. Defoliation effects on grain filling of R-nj color-selected maize strains. *Crop Science* 30 : 358-362.
- NICS. 2014. *Varieties of Upland Crops*. National Institute of Crop Science.
- Park, S. U. 1982. Studies on the harvesting time of sweet corn. *Crop Research Report of National Crop Experiment Station*. pp. 395-400.
- Park, S. U., K. Y. Park, Y. K. Kang, H. G. Hong, and S. K. Jong. 1987. Effect of plant density on growth and yield of sweet corn hybrid. *Korean J. Crop Sci.* 32(1) : 92-96.
- Park, K. J., J. K. Lee, K. J. Sa, and H. J. Koh. 2012. Genetic analyses for yield components and taste-associated traits in F_{2:3} population derived from the cross between waxy and sugary maize inbred line. *Kor. J. Breed. Sci.* 44 : 328-337.
- RDA. 2011. *Manual for maize production*. Rural Development Administration.
- Sanderson, J. E., J. W. Paulis, F. N. Porcuna, and J. S. Wall. 1979. Sweet corn: Varietal and developmental differences in amino acid content and composition of grain. *J. Food Sci.* 44 : 386-388.
- Song, S. H., J. M. Yoo, Y. K. Hong, D. W. Ree, and S. K. Kim. 1985. Effect of planting date on growth and yield of fall-harvest sweet corn. *Kyonggido Agricultural Research Report* 3 : 89-95.
- Tateishi, K., T. Kobayashi, and T. Iijima. 1986. Studies on sugars in sweet corn (*Zea mays* L. Saccharate) kernels. Part III. Changes in saccharide contents of sweet corn kernels during maturation and after harvest. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* 33 : 598-601.
- Watson, S. A. 1987. *Corn: chemistry and technology*. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN. pp. 69-71.