

BIUP을 이용한 국가적 종돈 육종계획

—21세기 양돈산업의 새로운 전개를 위하여—

유전자원(주)

전무이사 정영철
농학박사

1. 서론

한국의 양돈산업은 자의든 타의든 돈육 수입국이 되느냐 수출국이 되느냐의 두갈래 길로 나누어지는 분기점에 서있다.

동·서가 대립만하던 냉전의 시대는 종말을 고(告)하고 세계 모든 국가간의 교역이 국경없이 이루어지는 시대가 오고 있는 새시대는 30%를 오르내리는 한국 양돈의 돼지가격 진폭을 허용하지 않는다.

국내 생산량에 좌우되던 돈가는 국가간 생산량에 돈가가 좌우될 수밖에 없게 되었다.

더구나 우루과이 라운드(UR) 협상은 우리에게 신속히 수입국과 수출국중 양자 택일을 하도록 강요하고 있다.

지금시점에서 우리는 2가지의 모델을 생각할 수 있다. 실제로 일본처럼 돈육을 수시로 수입하여 국내 돈가를 5~8% 진폭의 수준으로 안정시키는 돈육 수입국이 그 하나이고 반면에 생산량의 30%를 수출하여 국내 양돈산업을 보호 육성하고 유사시에 수출육을 국내용으로 전환시키므로서 국내 돈가를 안정시키는 자유중국이 두번째의 모델이다.

그러면 양돈수출입국(養豚輸出立國)의 길은 무엇인가?

돈육을 생산하여 판매하는 과정에는 사양관리, 시설, 종돈자질, 질병문제, 사료, 판매방법, 유통과정등 산적한 문제가 많지만 결론은 “싸게 고품질의 돈육을 생산하여 비싸게 파는 것”일 것이다.

생산원가를 절감하는 방법에는 크게 3가지 단계를 생각할 수 있다.

즉, 농장단계가 제 1 단계로서 농장에서 탁월한 돼지관리와 사양기술을 적용하여 생산비를 절감할 수 있는 방법이 있다.

제 2 단계는 지역별 혹은 업종별 생산자 조직을 활성화 시킴으로써 생산자 조직단위에서 생산비를 절감할 수 있다.

제 3 단계는 생산 시스템의 일원화, 종돈개량의 일원화, 유통구조와 방법의 개선, 연구체도의 집중

화, 합리적인 정책 및 행정등의 체제를 갖추므로서 국가단위의 생산비를 낮추고 이익 마진을 높이는 방안이다.

2. 최신 육종기법 BLUP의 원리

여기에는 제 3 단계에 속하는 방법중 국가 전체적인 종돈개량을 효율적으로 수행하기 위한 최근 개발된 통계적 육종기법의 원리와 사용방법 그리고 그 장점을 이야기 하고자 한다.

가축육종의 기본적인 3단계는 첫째 선발을 하여 둘째 교배를 시켜 셋째 그 결과를 검정하여 선발효과를 체크하는 것이다.

이중에서 여러마리(때로는 수천마리)중에서 어떻게 정확히 가장 우수한 능력을 지닌 개체를 선발하느냐 하는것이 육종기술의 핵심이라고 할 수 있다.

지금까지는 양돈의 경우, 여러개체를 대상으로 일당중체중, 등지방두께, 사료요구율 등을 측정하여 그 데이터를 각 개체끼리 비교하여 선발하여왔다.

그러나 직접 측정된 데이터 그 자체는 외부에 표현된 것(표현가; 表現價)이고 이 표현된 능력은 실체는 한 개체의 유전적 능력(유전가; 遺傳價)과 주위환경의 영향력이 합해진 결과일 따름이다. 따라서 현대 육종의 포인트는 어떻게 하면 이 유전가, 그 중에서도 실제로 다음세대의 자손에게 그 유전적 능력을 전달할 수 있는 능력, 육종가(Breeding Value)를 밝혀내는 것이며, 따라서 검정돈끼리 이 육종가를 비교하므로서만이 진짜로 유전능력이 탁월한 개체의 선발이 가능하다는 사실이다.

예를 들어서 어떤 수퇘지의 일당중체중의 추정육종가(EBV: Estimated Breeding Value)가 100g 이라면 이것은 동일하게 검정을 한 집단내의 평균보다 유전적으로 1일 100g 이 더 빨리 자란다는 이야기이며 그 수퇘지의 자돈은 그 수퇘지의 추정육종가의 절반인 50g 더 유전적으로 우수하다고 볼 수 있는 것이다. 따라서 막 태어난 자돈의 유전적 잠재력을 능력검정을 하지 않고도 알수가 있는 것이다. 이 육

종가를 가장 정확하게 계산할 수 있는 통계적 기법이 BIUP(Best Linear Unbiased Predictor)이다.

지금까지 사용하여온 선발지수법은 표현가를 바탕으로 검정을 하였고 인척간의 혈통관계, 근친도 등을 감안할 수 없고 또 근본적으로 우수한 개체의 선발이 동일한 시기의 동일한 장소에 검정한 집단내에서만 가능하다는 이야기이다. 따라서 예를 들어서 제 1 능력 검정소에서 봄에 실시한 A 라는 수퇘지의 성적은 제 2 능력 검정소에서 동일한 기간에 검정을 한 수퇘지들과는 엄밀한 의미에서는 비교가 불

가능하다. 또 같은 제 1 검정소의 가을에 검정한 수퇘지와는 능력비교도 불가능한 것이 사실이다. 그 이유는 표현되어 측정된 능력중 많은 부분이 유전적 요인보다 환경적요인에 의해서 좌우되기 때문이다.

두개의 서로 다른 가족집단 중에서 유전적으로 가장 우수한 개체를 선발하는 방법을 예(例)를 들어 본다.

(표 1)에서와 같이 A, B 두축군(畜群)에서 검정이 끝난 수퇘지 6두중에서 일당 증체중이 가장 우수한 개체를 선발하는 3가지의 경우를 검토하여 본다.

(표 1) 2개의 종돈집단을 비교하여 우수종돈 선발하는 방법(일당 증체중)

비교대상 종돈집단의 예

제 1 검정소
봄, 제 1 검정소
㉞ 농장

제 2 검정소
가을, 제 1 검정소
㉞ 농장

| 개체번호 | 1일증체량 | 평균과의 차이 | B와의 차이 |
|------|-------|---------|--------|
| A | 850 g | +150 g | +150 g |
| B | 700 g | 0 g | 0 g |
| C | 550 g | -150 g | -150 g |

A 축군 : 평균 700 g

| 개체번호 | 1일증체량 | 평균과의 차이 | E와의 차이 |
|------|-------|---------|--------|
| D | 900 g | +100 g | + 50 g |
| E | 850 g | + 50 g | 0 g |
| F | 650 g | -150 g | -200 g |

B 축군 : 평균 800 g

즉, 1. 측정된 증체중을 그대로 이용하는 현재의 종돈능력검정소의 선발지수 이용방식,

2. 측정집단의 평균과 개체와의 차이(학술적으로는 이 수치가 표현가이다)로 선발하는 방식,

3. 혈통관계가 있는 양쪽집단내의 개체의 유전적 기대치를 감안한 선발방식의 세가지 경우이다.

먼저 현재의 방식은 선발지수공식인, 선발지수 = $250 + 110 \times \text{일당증체중(kg)} - 50 \times \text{사료요구율} - 19.685 \times \text{등지방두께(cm)}$ 에 측정치를 그대로 대입하여 개체의 순위를 결정한다.

따라서 두 집단의 개체별 순위는 D, A = E, B, F, C의 순서가 된다. 그러나 우리는 여기서 두 축군의 평균은 각각 700 g 과 800 g 으로서 그차이가 100 g 이라는 것을 알 수 있고 통상, 특히 검정두수가 많을수록 축군간의 평균능력차이는 돈사의 구조와 온도, 사료종류, 관리인원기술수준 등 주로 환경적요인이 주 원인이다.

따라서 축군간의 편차를 가능한 줄이기 위해서는

개체의 능력을 측정축군의 평균과의 차이로 평가하는 것이 더 바람직하다고 하겠다.

따라서 축군의 평균과 개체와의 차이를 선발기준으로 한다면 두 집단의 개체별 우수순위는 A, D, E, B, C = F의 순서가 되어 첫번째 방법과 비교할 때 D와 A의 순서가 바뀌었고 A와 E, F와 C가 능력구분이 되거나 동일한 순위가 되었다.

마지막으로 만일 A 축군의 B와 B 축군의 E가 동복자돈이라면 B와 E는 추정육종가(EBV)의 기대치는 동일하므로 이 유전적으로 연결된 이 두 동복자돈을 기준으로 동일집단내의 다른 개체를 평가할 수도 있다. 한편 B와 E는 동복자돈이지만 표현된 실제 자기의 능력은 각 집단의 평균과의 차이로 계산할 수 있다.

그러면 E는 동일집단의 평균보다 50 g 이 높으므로 소속집단의 평균과 동일한 B 보다는 우수하다고 볼 수 있다. 따라서 우선순위는 A, D, E, B, C, F의 순서가 된다. BIUP은 이와 같이 각 집단의 평균, 개체간의 혈통관계, 다른 형질간의 관계등을 검정하

는 동기의 축근뿐만 아니라 기존의 검정이 끝난 부모까지 다시 검정을 하므로서 대단히 정확한 육종가를 낼 수 있는 것이다. 즉, 후손이 신규로 검정될 때마다 부모도 다시 검정을 하게 되어 만일 어느 부모의 후손의 능력이 좋으면 부모의 육종가는 그 이전보다 높아진다.

3. BLUP의 장점

그러면 구체적으로 BLUP의 장점을 살펴본다.

첫째, 기법을 이용하는 모델은 여러가지 있으나 최근 개발된 가장 강력한 효과를 보이는 Animal Model을 중심으로 이야기 하고자 한다.

BLUP은 무엇보다도 각종 인척관계의 정보를 이용할 수 있기 때문에 특히 유전력이 낮은 형질에서 그 장점을 발휘한다.

예를 들면 유전력이 0.1%인 형질의 경우에 개체만의 정보만을 이용한 선발보다도 BLUP 방식에 의한 선발이 연간 유전력 개량률이 33%나 높다. 이것은 돼지의 경우 연간 산자수가 복당 0.5두 늘어난다는 이야기이다.

그러나 유전력이 높은 0.6인 경우는 그 차이가 5% 정도에 그치고 있다.

(표 2) 가축선발시 경제형질의 유전력 정도에 따른 BLUP의 효과비교 (Mercer, 1990)

| 구 분 | 유 전 력 | | | |
|-----|-------|------|------|------|
| | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 |
| PS | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| IFS | 1.08 | 1.07 | 1.04 | 1.01 |
| IHS | 1.15 | 1.08 | 1.04 | 1.01 |
| BA | 1.28 | 1.13 | 1.06 | 1.02 |
| BB | 1.33 | 1.20 | 1.12 | 1.05 |

- (주) PS : 개체혼자의 정보 이용한 선발,
 IFS : 개체 및 동복형제자매 정보이용,
 IHS : 개체 및 반형제 정보이용,
 BA : BLUP을 이용한 선발 - 부모돈을 경제수명에 도태
 BB : BLUP을 이용한 선발 - 부모종축을 재평가때마다 육종가에 의해서 도태

둘째 장점은 BLUP은 축근집단간의 공정한 평가가 가능하여 기존사용중인 부·모종축을 새로 검정하는 종축과 함께 재검정하여 육종가를 동일한 조건에서 산출, 평가함으로써 세대에 관계없이 순전히 유전적 능력에 의해서 선발, 도태시킬 수 있다는 것이다. 따라서 지금까지 통상 시행하여온 모돈의 경우, 일정한 산차가 지나야만 도태시키고, 또 꼭 1년 이상을 사용한 수퇘지를 도태시키는 방법보다 더 빠른 유전적 개량이 가능하다는 점이다.

셋째 장점은 BLUP은 유전적요인과 환경적요인을 분리하고 또 연차별의 그 변화를 처음 계산이 시작된 기준년도와 비교가 가능함으로서 연차별 유전적 개량정도를 추정육종가(EBV) 수치로 표현할 수 있다는 것이다. 종전에는 유전적 개량도를 알기 위해서는 유전적 개량이 전연 이루어지지 않는, 그러나 막대한 예산이 소요되는 대조축군(Control population)을 유지하는 것이 필수적이었다.

4. 육종계획에 BLUP을 사용하는 방법

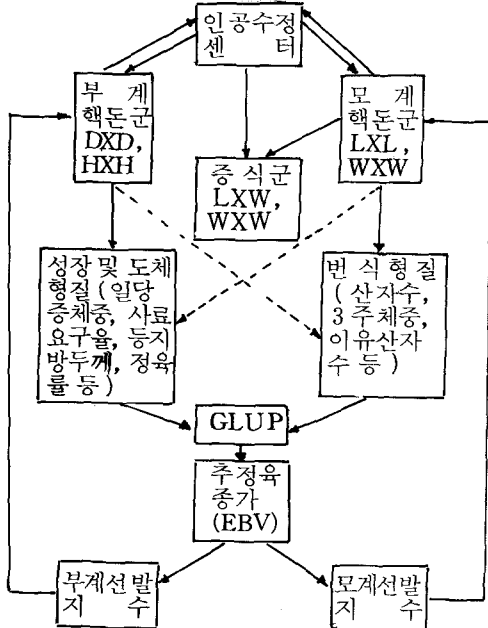
돼지육종의 경우 백색품종을 중심으로 모계핵돈군과 유색품종을 중심으로 부계핵돈군을 별도로 유지하여야 한다. 이를 위해서 모계핵돈군은 주로 번식능력위주의 경제형질을 중심으로, 부계핵돈군의 경우에는 성장능력위주의 경제형질을 중심으로 개량하여야 한다. 또한 여러가지 경제형질중에서 경제적으로 공헌이 큰것은 좀더 큰 비중을 두는 등 육종가에 따른 선발지수를 만들어 종돈을 선발하여야 한다.

최근에 개발된 다형질에 대한 육종가를 동시에 분석할 수 있는 BLUP의 Animal Model이 개발되어 그 정확도를 더 높일수 있게 되었다. 또한 핵돈군간의 능력비교와 정보제공을 위해서는 인공수정센터의 운용이 불가피하다. 이는 급속한 개량목적외에도 연결고리를 갖추기 위한 것이다. (그림 1)에서와 같이 부계핵돈군은 성장경제형질에 비중을 많이 두고 번식형질에 비중을 적게둔 육종가의 선발지수를 이용, 우수종돈을 선발하여 인공수정센터로 보낸다.

모계핵돈군의 경우는 증식돈군의 번식능력정보를 제공받게되어 보다 많은 정보를 얻게되어 유전력이 낮은 번식경제형질의 개량도를 더 높일 수 있다.

또한 모계핵돈군은 번식형질중심의 육종가 선발지수를 이용, 우수 수퇘지를 선발하여 역시 인공수정센터에 보낸다.

(그림 1) BLUP을 이용한 이상적인 육종선발 방법



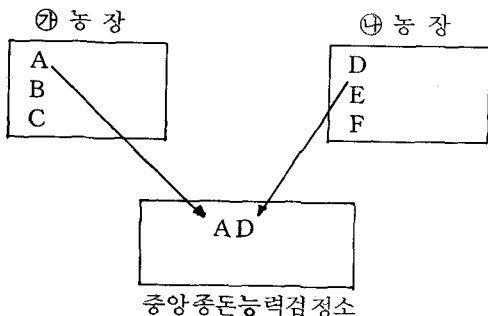
(주) D : 듀록, H : 햄프셔, L : 랜드레이스, W : 대요오크셔

5. BLUP이용을 위한 국가적 육종계획

현실적으로 유전적 연결고리를 형성하는 전국을 카바하는 인공수정센터가 없으므로 현재 등록된 133개의 종돈장, 그중에서도 100두 이상을 사육하는 48개의 종돈장에 대해서는 철저한 농장검정의 시행이 요구된다. 즉, 1단계로 종돈장의 종돈능력은 지역별(예를 들어 경상도, 전라도, 충청도를 1지역, 경기도 강원도를 2지역) 혹은 중앙집중식으로 데이터 관리를 하여 BLUP을 농장내의 능력검정에 적용한다.

2단계로 각 농장검정에서 우수한 수퇘지의 자돈을 중앙검정소에 출품하여 농장간의 종돈 능력비교를 시도한다(그림 2).

(그림 2) 중앙검정을 통한 각농장종돈의 능력비교



그러나 번식능력의 검정은 중앙검정이 불가능하므로 제 3 단계로 역시 규모가 큰 인공수정센터의 설립이 불가피하다. 또 기존의 사설 인공수정센터의 활성화를 위하여 업계 및 정부의 지원도 필요하다.

일단 유전적 연결이 되어 BLUP을 전국적으로 적용할 수 있으면 각 농장의 종돈능력을 육종가로 표현하는 유전정보 책자가 발행되므로서 각농장은 자기가 필요한 종돈의 보충을 할 수 있다.

현재 캐나다에서 시행하고 있는 BLUP을 이용한 국가적 육종프로그램에서 발행하는 수퇘지 및 모돈의 능력보고서(Sire and Dam Report)의 일부분을 (표 3)에 소개하였다.

6. BLUP사용시 문제점

BLUP을 사용하자면 정확한 혈통정보가 요구되어 이것을 만족시키기 위한 작업은 실로 방대하다 하겠다. 또 전국적인 많은 두수의 자료를 처리하기 위한 큰 용량의 컴퓨터가 필요하다.

그러나 최근 좀더 간편히 계산할 수 있는 통계적 방법이 많이 개발되고 있으며 또 컴퓨터의 값도 많이 내리고 있어서 다행이라고 하겠다. 또한 만일 BLUP을 번식능력 개량에 집중적으로 사용한다면 근친도가 급격히 올라간다는 보고가 있다.

즉, 영국에던버리의 Wray 박사의 연구에 의하면 156두의 암퇘지와 26두의 수퇘지를 사용한 폐쇄돈군에 BLUP을 사용하여 번식능력개량을 도모한 결과 매년 근친도가 3%이상 높아졌다고 한다. 이는 복당 산자수가 0.15두가 낮아지는 부작용에 해당한다. 따라서 번식능력개량을 위해서는 대규모의 축군을 이용하여야 한다는 사실이다.

또 현실적으로 BLUP을 전국적으로 이용하기 위해서는 종돈생산자 자신들이 BLUP의 목적과 장점을 충분히 이해하고 적극적으로 협조하여야만 가능하다는 것이다.

7. BLUP을 이용하고 있는 국가

BLUP, 그중에서도 Animal Model은 이제 종돈개량의 최고무기로 등장하고 있다. 영국의 4대 대형 종돈회사는 거의가 BLUP을 사용하고 있으며 국가적 육종프로그램으로는 캐나다가 가장 먼저 시행하여 큰 성과를 올리면서 세계의 주목을 받고 있다.

유럽에서는 덴마크와 네델란드가 BLUP 을 이용 하는 국가적 육종프로그램을 시행하기 시작하였다. 실제 캐나다 온타리오주의 연간유전적 개량도를 육 종가로 표현한 것을 보면 (표 4)와 같다.

한국도 BLUP 을 이용한 국가적 종돈 육종프로 그램의 수립이 시급하다고 아니할 수 없다. 이를 위 한 학계, 업계, 관계의 협조와 속의가 하루바빠 이 루어져야 할 것이다.

(표 4) 캐나다 온타리오주의 품종별 유전적 개량정 도(BLUP 분석결과)

| 품종 | 대요크셔 | 랜드레이스 | 햄프셔 | 듀록 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 등지방 두께(mm) | -0.12 | -0.14 | +0.08 | -0.12 |
| 90kg도달 일령(일) | -0.52 | -0.66 | -0.64 | -0.56 |

(1988 : 캐나다농업부)

(표 3) 캐나다에서 매년 보고하는 BLUP을 이용한 종돈능력보고서 (1988 년)

지 역 : 온타리오

돼지평가프로그램 수태지와 암돼지 보고서

대요오크셔암돼지

추정된 육종가

| 개 체 표 식 | | 출생 년 도 표 시 | 등지방 두께의 육종가 | 90 kg도달 일령의 육 종가 (일) | 육종가 선발지수 | | | | 복수 | 총지돈수 | 농장번호 |
|-----------|---------|------------|-------------|----------------------|----------|----|---|---|----|------|------|
| 오른쪽귀 의 입목 | 왼쪽귀의 입목 | | | | | | | | | | |
| ARUW | 190 | R | 1.9 | -4.8 | 88 | 76 | * | 1 | 7 | 38 | 443 |
| ARUW | 283 | S | -1.5 | -1.2 | 131 | 70 | * | 2 | 5 | 24 | 443 |
| ARUW | 294 | U | -0.6 | 9.4 | 72 | 50 | * | 1 | 1 | 4 | 443 |
| ARUW | 297 | W | 0.0 | 3.4 | 86 | 49 | * | 1 | 1 | 3 | 443 |
| ARUW | 298 | T | -3.4 | -6.9 | 187 | 72 | * | 2 | 6 | 25 | 443 |
| ARUW | 301 | P | 1.6 | 1.1 | 68 | 76 | * | 1 | 7 | 38 | 443 |
| ARUW | 319 | U | 2.1 | -3.8 | 79 | 51 | * | 1 | 1 | 6 | 443 |
| ARUW | 350 | U | -0.3 | -2.9 | 117 | 65 | * | 1 | 3 | 22 | 443 |
| ARUW | 351 | U | 0.6 | -2.0 | 98 | 65 | * | 2 | 4 | 12 | 443 |
| ARUW | 352 | U | 2.1 | 6.3 | 38 | 60 | * | 1 | 2 | 19 | 443 |
| ARUW | 354 | U | 0.6 | 0.9 | 86 | 51 | * | 1 | 1 | 7 | 443 |
| ARUW | 362 | U | 0.3 | 0.3 | 94 | 52 | * | 1 | 1 | 11 | 443 |
| ARUW | 400 | U | -0.1 | -1.2 | 107 | 49 | * | 1 | 1 | 3 | 443 |
| ARUW | 401 | U | 1.5 | 4.5 | 56 | 52 | * | 1 | 1 | 8 | 443 |
| ARUW | 413 | W | -0.0 | 0.8 | 98 | 52 | * | 1 | 1 | 9 | 443 |
| ARUW | 423 | U | 0.6 | 1.3 | 85 | 58 | * | 1 | 2 | 12 | 443 |
| ARUW | 448 | S | -2.6 | -3.3 | 158 | 72 | * | 2 | 5 | 35 | 443 |
| ARUW | 448 | U | -1.6 | -7.1 | 158 | 65 | * | 1 | 3 | 22 | 443 |
| ARUW | 452 | U | -1.2 | 0.5 | 119 | 57 | * | 2 | 2 | 8 | 443 |
| ARUW | 466 | U | 0.9 | 4.7 | 65 | 52 | * | 1 | 1 | 8 | 443 |

