독일 초지농업의 현안문제들

Dr. R. Neff
HDLGN, Eichhof, Bad Hersfeld, Germany

독일에 있어서 농경지의 약 3분의 1이 초지이며, 초지를 근거로 한 가축경영은 농업의 중요한 요인이다. 지난 20년 동안 초지경영에 있어서 지속적으로 영향을 미친 요인들에는 다음과 같은 것들이 있다 :

○ 시비법과 보파기술과 같은 재배법의 향상은 조사료의 수량 및 품질을 상당히 향상시키는 결과를 가져왔음
○ 지난 70년대까지는 건초 만들기가 우세하였으나 그 이후에는 사일리지로 거의 대체 되었음
○ 조사료에 의한 우유 생산성의 향상
○ 가축육종의 성공은 가축의 능력을 향상시켰으며, 그 결과 에너지가 높은 사료를 요구하게 되었음
○ 성공적인 옥수수 육종은 짜투리 땅에서 조차도 이러한 요구로 인해 생산성이 높은 종을 재배하게 되었음.
○ EU국가(European Union)의 수지(收支)면에서도 초지가 옥수수나 곡류와 구별되게 되었음
○ 로봇 착유기나 현대적인 급여기술(전체혼합사료)이 초지의 이용을 제한하였음

1. 조사료를 근거로 한 축산경영의 조건 및 문제들

이러한 부분적이며, 매우 효과적인 변화들이 현재의 초지재배에 대한 기본적인 여건들을 설명하고 있다. 독일의 예로, 가축당 년간 평균 우유 생산성은 1950년에 2,600kg에서 2000년에 6,000kg으로 두 배 이상 증가하였다. 성공적인 축산농가는 10,000kg이상의 우유를 생산하기도 한다. 이 기간에 축산 농가수는 현저히 감소하였으며, 일정수를 유지하고 있다. 예로, Hesse지역의 낙농가 수는 지난 20년동안 80%까지 감소하였으나, 반면 농가 당 가축 사육두수는 평균 8마리에서 26마리로 증가되었다(그림 1). 전체 젖소의 수가 약 30만두에서 약 15만두로 절반이상 감소하였다(그림 2). 그래서 EU 국가에서 1984년 이래로 우유생산의 할당제가 결정적인 역할을 하게 되었다. 송아지의 수는 10만에서 40만으로 4배가 되었으나, 젖소의 감소가

그렇게까지는 보상되지 못했다. Hesse지역에 있어서 농경지 면적의 35%에 해당하는 거의 고정된 비율의 초지가 있으나, 가축 단위당 초지면적은 상당히 증가하였다. 전체 가축(젖소 및 송아지)으로 보면, 가축당 초지면적은 1.0ha에서 1.5ha로 50%까지 증가하였다(그림 2). 많은 농가가 너무 많은 초지를 가지고 있어, 초지에 대한 예취 횟수를 2~3회로 줄이거나 아니면 2~3회 예취 후에 이용성을 다시 고려해야 한다. 조사료의 품질이 예취횟수와 밀접한 관계를 가지고 있다는 것은 잘 알려진 사실이며, 특히 높은 우유생산성을 지닌 젖소의 경우는 양질 조사료에 의존한다.

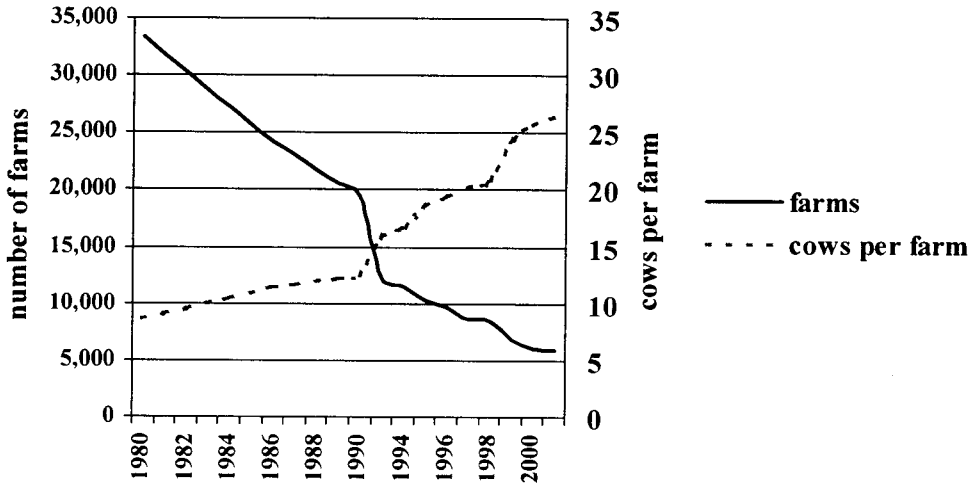

Figure 1 : Development of Hessian dairy farms since 1980.

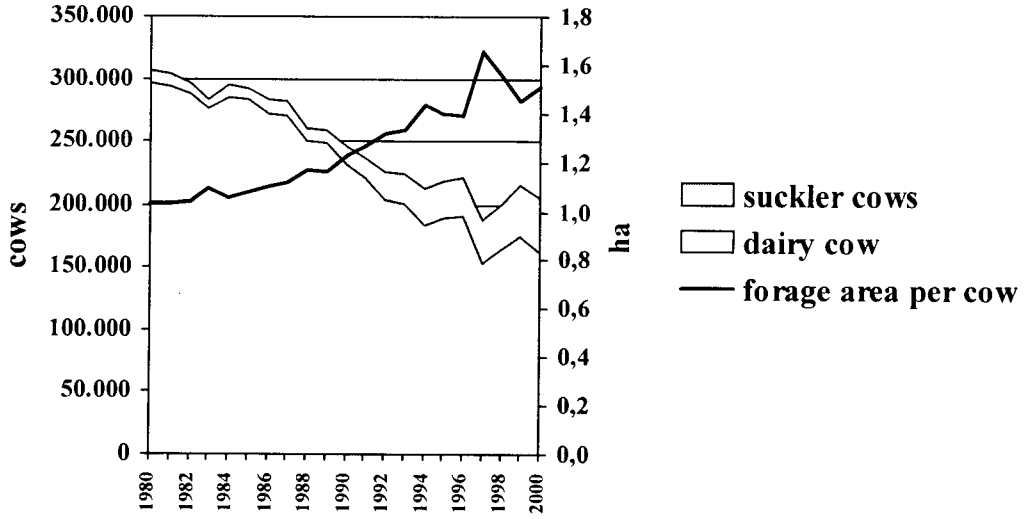

Figure 2 : Development of cattle stock and forage area in Hesse.

우유생산과 연관된 현재의 상황은 다음과 같다. 우유 생산성이 상당히 향상되었음에도 불구하고 초지가 사료작물 재배와 비교할 때 매력을 잃었으며, 이에 대한 주된 원인이 우유 생산에 있어서 경제적인 최적조건이 가축당 최대 우유생산과 밀접하게 연관되어 있다는 점에서, 현재의 농업정책에 있다는 것이다. 그러나 높은 우유 생산성은 높은 에너지의 농후사료를 요구하며, 그런사료는 목초 사일리지 보다는 옥수수나 곡류로부터 더 쉽게 얻을 수가 있다. 결과적으로, 우유생산은 초지지역에서 사료작물 지역으로 전환되었으며, 사료비율에 있어서 많은 양의 농후사료와 증가된 사료작물의 비율로 가축당 최대한의 우유를 생산하는 것이 축산업의 주된 목적이 되었다.

그러나 초지는 사용되어져야만 되며, 침수지나 저산간지와 같은 넓은 절대초지가 재배지로 남아 있을 경우에는, 미래에도 물론 우유생산을 위해 이용될 것이다. 왜냐하면 그러한 초지들은 이용성에 한계가 있기 때문이다.

과다한 농후사료의 이용은 우유 및 고기로 영양분의 유출이 아주 적기 때문에 영양분의 내부적 순환회로에 무리를 준다. 초지농업의 잉여 영양분은 농후사료나 화학비료를 통해서 유입되는 것이 많다. 환경에 대한 관심이 높아질수록 잉여 영양분은 심각하게 여겨지고 있어, 유럽 공동체(European Community)가 주도적으로 질산염에 대한 법을 제정하게 되었다. 네덜란드는 2003년부터 질소에 대한 잉여분을 ha당 180kg으로 제한하였으며, 독일은 현재 논의 중에 있다.

Table 1. Nutrient content in milk and in concentrates as well as resulting surplus for milk production for milk yield of 6,000kg and milk from the forage of 3,000kg

	Nitrogen	Phosphorus	Potassium
Nutrients content			
1,000kg milk	5.6kg	1.0kg	1.5kg
1,000kg concentrates (18/0,4/0,45%cp/ph/pot)	28.8kg	4.0kg	4.5kg
Exports with milk 6,000kg milk/ha (1cow/ha, 6,000kg)	33.6kg/ha	6.0kg/ha	9.0kg/ha
Imports with concentrates 3,000kg/ha (2,500kg concentrates)	43.2kg/ha	6.0kg/ha	6.8kg/ha
Surplus from feeding	9.6kg/ha	0.0kg/ha	2.2kg/ha

그러한 문제를 설명하는 간단한 예가 있다(표 1). 농후사료로 영양분이 토양－식물－동물의 순환회로에 유입되며, 영양분은 단지 우유 및 육류로만 배출 되어진다. 가축당 우유 생산성이 6,000kg라고 가정하면, 초지 ha당 한 마리의 소가 ha당 33.6kg의 질소를 배출한다. 조사료 3,000kg과 농후사료 1,500kg로부터 우유가 생산된다고 가정하면, ha당 43.2kg의 질소(N)가 유입되며, 농후사료로 부터만 ha당 9.6kg의 잉여분이 발생한다.

과잉 영양분에 대한 지금까지의 논의로, 다음과 같은 질문이 생긴다. "초지에 얼마 만큼의 비료가 필요한 것이가?" 그리고 "초지에 있어서 화학비료의 범위는 얼마나 큰 것인가?" 그래서 조사료의 품질과 섭취량이 가장 중요한 요인들인 것이다.

두 농가에 대한 비교(그림 3)를 보면, 모델농가 1은 양질조사료를 가지고 조사료로부터 가축당 5,000kg의 우유를 생산하며, 가축은 건물 1kg를 먹고, 시험 시작초기에 ha당 질소량 38kg이 다 소모 되기전까지 농후사료를 약 1,800kg가량 주었으며, 질소의 잉여분이 발생하였다. 이러한 조건하에서 가축당 8,000kg의 우유를 생산 할 수 있었다. 모델농가 2는 상대적으로 질이 떨어지는 조사료를 가지고, 더 적게 먹여 더 적은 우유를 생산하였고, 적은 영양분이 배출되었다. 가축당 1,200kg의 농후사료는 질소에 대한 긍정적인 균형을 야기하였으며, 년간 가축당 5,000kg의 우유를 생산하였다. 이러한 예가, 특히 높은 우유 생산성과 높은 농후사료 비율에서는 양질의 조사료가 잉여 영양분을 감소하기 위해 필요하다는 것을 나타내고 있다. 농후사료에 의한 우유 생산성의 향상으로 과잉 영양분은 축적되므로 과잉 영양분은 곡류나 다른 열매를 재배함으로 소비되어져야만 한다. 그렇치 않다면 초지에 화학비료를 이용할 기회는 더 희박해질 것이다.

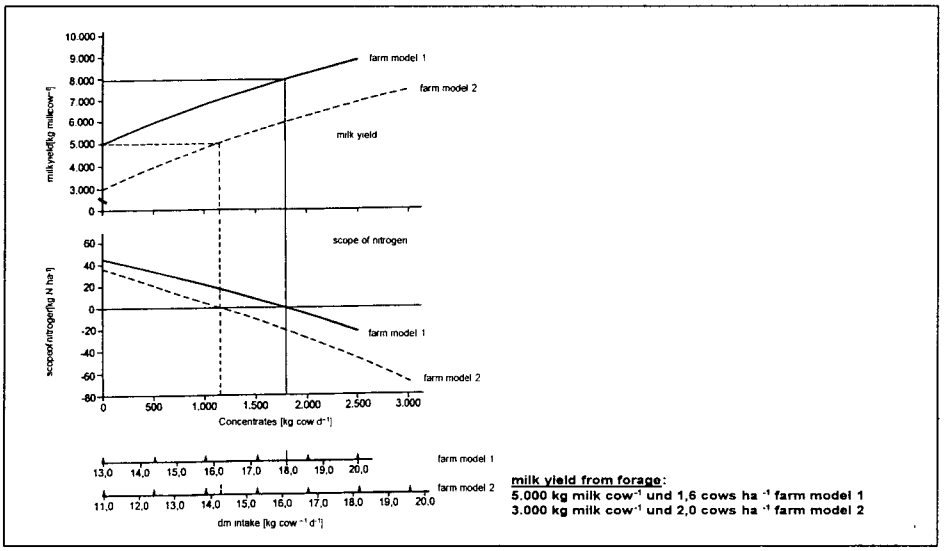

Figure 3 : Milk yield per cow and scope of nitrogen per hactare.

토양－식물－동물의 체계에 있어서 영양분의 유입은 제한되어져야 하며, 다음과 같은 것이 이루어질 때에만 가능하다 :

○ 조사료에 의한 우유 수량이 농후사료 양에 있어서 양질 조사료 및 많은 양의 양질 조사료의 섭취에 의해 향상될 수 있다.

○ 농후사료와 함께 유입된 영양분들이 분뇨에 포함되어 있으며, 조사료 생산에 있어서 분뇨시용의 적절한 활용으로 "이중적 양분이용(dual mutrients-utilization)"으로 적용될 수 있다.

초지에 있어서 우유생산의 궁극적인 목표는 농후사료의 과다급여로 우유를 최대한 생산하는 것이 아니라, 생산비를 줄임으로 수익성을 개선하는데 있다.

필수적인 요건들은 다음과 같다 :

○ 가장 좋은 초지와 최적의 사일리지 기술

○ 분뇨이용의 최적화

2. 조사료 생산에 있어서 분뇨의 이용

위에서 언급한 이유들 때문에, 분뇨는 초지에 있어서 더욱 더 중요한 역할을 담당하며 매우 효과적인 자원이다. 다른 측면에서는 분뇨처리는 부분적이지만 아직까지 문제가 되고 있다. 잘못된 분뇨처리는 화학비료에 상응한 영양분 각각에 대한 이용성의 잘못된 판단 때문이며, 그 결과 화학비료를 추가적으로 더 사용하게 되었다.

시비량 계산을 위하여, 분뇨의 기본적인 영양성분들이 완전하게 분석 되어지고 있고, 질소의 경우에 있어서는 살포에 의한 손실이 20% 정도로 추정 되며, 초지에 대한 분뇨 시용은 항상 영양성분의 손실이 수반된다고 하겠다. 예외적으로 소액비에 있어서 질소의 반이 유기적으로 결합되며, 다른 반은 urea 및 uric acid로부터 형성되어 NH_4^+나 NH_3로 이용된다. 상대적인 NH_4^+와 NH_3 비율은 pH 수치에 달려 있으며, pH가 7 이상일 때는 NH_3로 전환되기 때문에 가스 상태의 질소 손실은 증가한다. NH_3의 전체손실은 저장기간동안 15%, 살포시 15%, 살포 후 즉시 70% 비율로 되어있다. 살포 후 유기산이 빠르게 산화되어 pH 수치는 증가한다. NH_4^+는 NH_3로 전환되어 상당량이 대기 중으로 배출된다. 시비조건에 따라서 암모니움－질소의 약 25～95%가 손실 될 수 있다. 특히, 고온, 햇빛 그리고 바람이 그 원인이다. 그러므로 과거에 질소에 대한 손실을 줄이기 위한 노력이 있었다. 액비에 대한 관행적인 기준은 시용량이 ha당 $20m^3$를 초과하지 못하도록 되어 있고, 구름낀 날에 시용하도록 되어있다. 이러한 기준은 아직까지 이용되고 있다.

추가적으로, 오늘날 액비시용시 특별한 저방사 기술들(low emission techniques)이

이용되고 있다. 이러한 기술들은 분뇨와 공기의 접촉을 줄여 토양에 있어서의 보존 기간을 길게 해준다. 토양에 분뇨를 표면 살포하는 방법과 토양 속으로 지중살포하는 방법이 있다. 어떤 기계들은 초지 1~2cm 깊이로 지중살포하며, 어떤 기계는 10cm 깊이로 점적살포 한다. 이러한 방법은 전통적인 살포방법에 비해, 각각 50% 및 90%까지 질소의 손실율을 줄일 수 있다. 그러나 좁은 작업폭과 트랙터 운행이 필수적인 이러한 기술로 인해 초지가 받는 스트레스는 상당하다. 그렇기 때문에 러프 불루그라스(*Poa trivialis*)나 돌소리쟁이(*Rumex obtusifolius*)와 같은 잡초의 발생을 촉진한다.

그림 4는 4년간의 실험결과를 나타낸다. 영구초지의 3번째 예취까지는 액비를 공중살포와 표면살포로 각각 20m³씩 주었다. 년중 평균 조사료 생산량은 표면 살포시 더 높은 것으로 나타났으며, 1회 예취에서도 차이가 있었다. 표면살포 기술의 우수성은 분뇨시용에 대한 기후조건이 좋지 않을 경우, 1차예취로부터 3차 예취까지 온도가 상승하기 때문에 높은 것으로 나타났다.

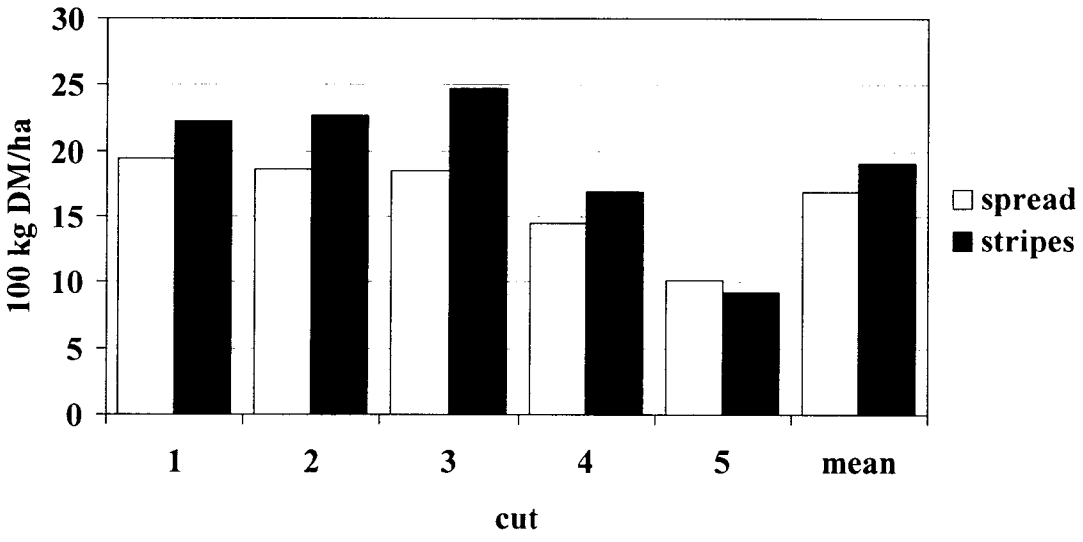

Figure 4. Forage yield(mean of 4years) affected by the application technique of liquid manure(20m³ to the cuts 1-3).

그림 5는 여러 가지 다른 액비시용 처리구에서 유럽의 초지에서 가장 문제가 되는 돌소리쟁이(*Rumex obtusifolius*)의 수를 나타내고 있다. 2년 후에 이미, 이러한 잡초의 확산이 질소 손실을 최소화시키기 위해 사용된 그와 같은 기술들로 인해서 상당히 진행되었다.

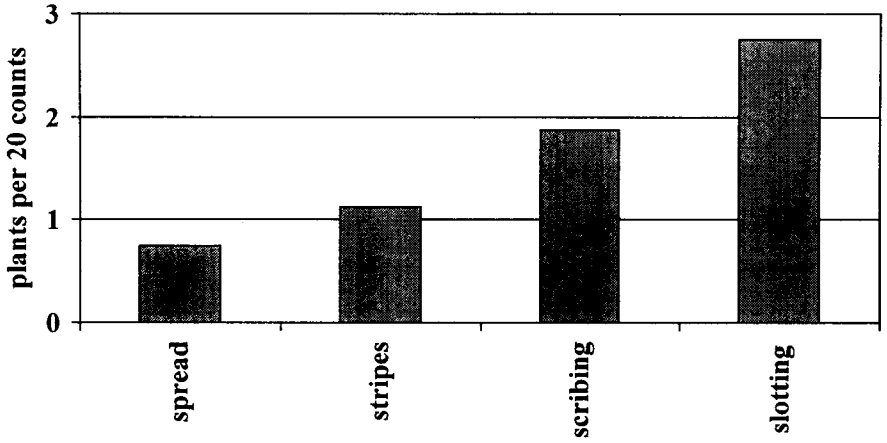

Figure 5. Number of *Rumex obtusifolius* plants after two years with different liquid manure techniques.

초지에서 질소시비를 ha당 150~200kg 했을 때 조사료 생산성이 최대가 되며, 이것을 액비에도 적용할 수 있다. 초지에서 액비의 적정 시용수준을 결정하기 위한 시험결과가 있다(그림 6). 시험초지는 3년 묵혀둔 것이며, 처음 3번 예취까지 ha당 액비를 각각 20/20/15m^3씩 시용하였다. 화학비료를 대조구로 액비를 공중 및 표면 살포하였다. 액비는 날씨가 좋을 때(구름끼고, 바람없고, 낮은온도) 살포하였으며, 분뇨간에는 거의 차이가 없었다. 목초 수량은 전량 분뇨를 시용한 구가 화학비료구만큼 높았다. 시험결과로서, 적절한 액비를 시용할 때 액비의 가치는 분명하였다. 초지의 내력이 중요한 역할을 하였으며, 액비구에서 화이트 클로버(*Trifolium repens*)가 15~20%까지 우점한 반면, 화학비료구에서는 3~5%만이 발생하였다. 뿌리혹박테리아로부터의 질소고정 또한, 추가적으로 목초수량에 기여하였다. 이 시험은 화학비료나 액비가 비슷한 조사료 생산성을 나타내며, 이중적 양분이용(dual-nutrients-utilization)에 대한 가정을 현실화하였다.

다음과 같은 조건이 가능하다면 액비이용을 최대화 할 수 있다.

○ 특정지역이 선정 되는대로 즉시, 초봄(2월 말)에 시용하여야 함

○ 액비는 토양에 표면살포 함

○ 시용량은 ha당 20m^3를 초과 할 수 없음

○ 초지는 적어도 70%이상이 생산성이 있는 화본과 목초(페레니얼 라이그라스, 톨페스큐, 켄터키 불루그라스, 티모시 및 오차드그라스)로 구성 되어야 함

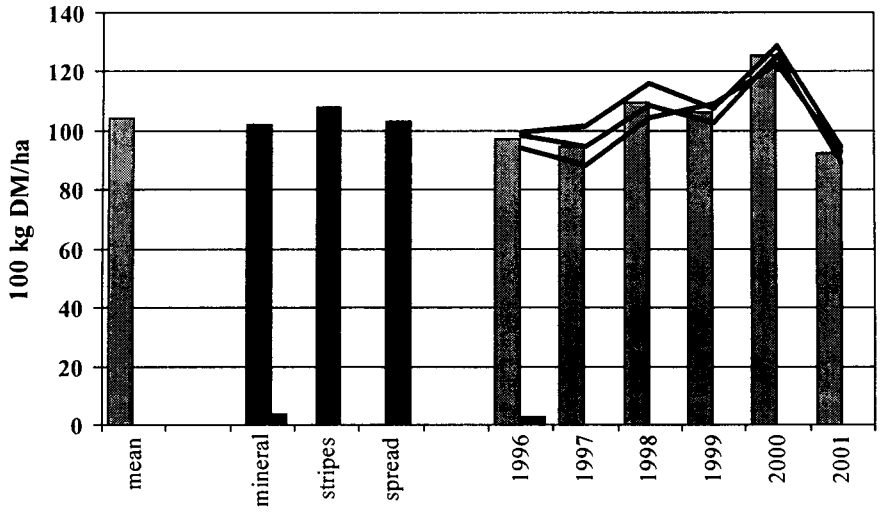

Figure 6. Forage yield dependent on the fertilizing system.

3. 지속적인 조사료 생산 및 이용

조사료 품질에 영향을 미치는 요인들 중에서 이용시기와 더불어, 초지의 구성식생이 가장 중요하다. 봄의 이용계획, 액비살포 후 마무리, 방목 후 재예취, 필요하다면 월동전의 예취와 같은 초지관리가 생산성이 있는 초지를 보존하기 위해 필수적인 요건들이다. 예취 체계의 경우에 있어서도 보파를 방지하는 일반적인 예취체계가 초지관리에 포함되어 있는데, 그 이유는 특히, 페레니얼 라이그라스 위주의 초지가 사일리지를 위한 예취에 대하여 저항력이 약하기 때문이다. 예취빈도가 높을수록 초지는 빈공간이 생기며 잡초가 우점될 수 있다(그림 7). 지역과 재배강도에 따라서 초지는 민들레(*Taraxacum officianle*), 미나리 아재비(*Ranunculus repens*), 또한 구주 개밀(*Elymus repens*), 수수류 잡초(*Holcus lanatus*) 그리고 다른 유해잡초들이 우점하며, 해충의 피해도 볼 수 있다.

초지의 빈공간이 확산되는 것은 일반적인 보파로 억제될 수 있으며, 다음과 같은 두가지 방법이 가능하다 :

○ 맨 토양에 종자를 뿌린 후, 갈퀴가 부탁된 장비나 트렉터 앞에 부착된 전기모터를 이용한 종자 분산(spreading) 기술을 결합하여 보파할 수 있다. 그리고 분산력이 낮은 목초종자들의 경우는 화학비료에 종자를 섞어 뿌리는 것도 가능하다.

○ 특별한 장비를 이용하여 오래된 초지에만 가볍게 토양속으로 종자를 뿌리는 방법 : 여러 가지의 조파 파종기가 있으며, 어떤 기계는 오직 토양만을 고르고 잡초나 병이 심한 목초가 포함된 밀집된 초지를 절단할 수 있다. 이런 초지는 보파 후에나 회복이 가능하며, 어린 seedling에 위험적인 요소가 될 수 있다. 이러한 이유 때문에 장비를 이용한 성공적인 보파는 빈공간에 흙이 많을 때야만 가능하다.

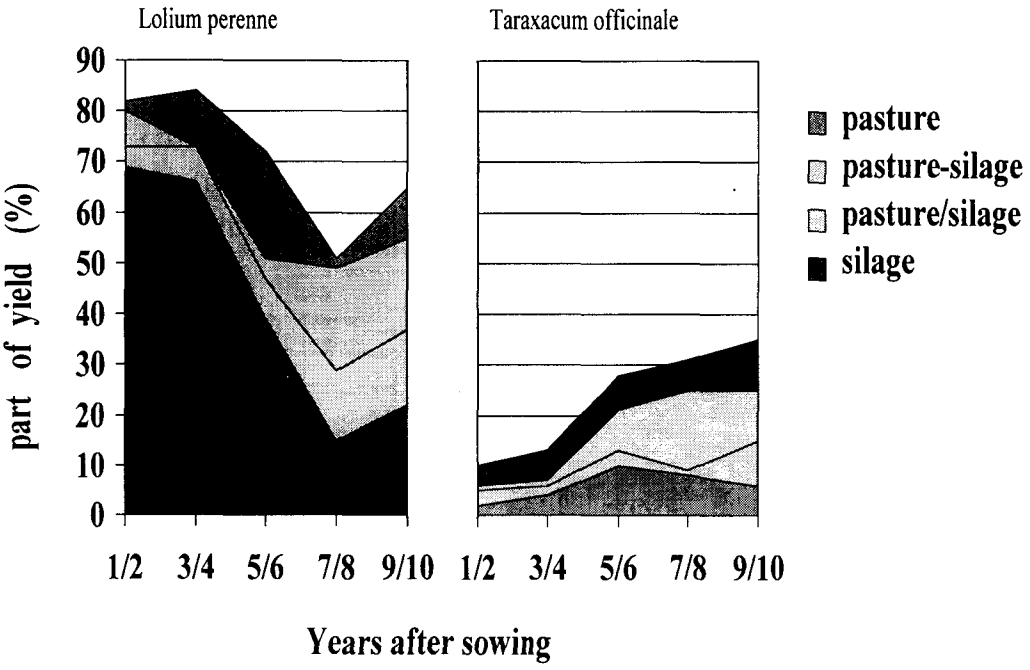

Figure 7. Part of *Lolium perenne* and *Taraxacum officinale* at differing grassland management systems with increasing cutting impact from pasture to silage making in the first growth. All regrowths grazed.

어린 seedling은 묵은초지에서 경합하여 살아 남아야 하며, 여러 보파기술이 더 사용될 수록 묵은 초지는 더 불안전 해진다. 그렇기 때문에 잡초를 미리 방제하는 것이 필수적이다. 써레(harrow) 및 갈퀴(currry comb)를 이용한 보파초지가 잡초방제에 가장 효과적이었음을 나타내었다(그림 8). 페레니얼 라이그라스의 비율이 높을수록 써레 및 갈퀴를 이용한 잡초방제는 더 효과적일 것이다. 영년생 목초 중에서 페레니얼 라이그라스만이 오래된 초지에 대해 경합력을 가지고 있다. 그러므로 페레니얼 라이그라스 만이 보파에 사용되며, 부수적으로 화이트 크로버, 레드 크로버, 티모시가 어떤경우에는 사용될 수 있다. 일반적으로 사용된 초종의 적합한 품종만이

문제가 된다.

예방적인 보파의 경우는, 년 파종량이 ha당 5~8kg이 적당하며, 좀더 정교한 기술로 초지를 개량할 경우는 ha당 20kg도 좋은 결과를 얻을 수 있다. 6~7월에 1차 또는 2차 예취 후 보파가 이루어져야 하는데, 그 이유는 오래된 초지의 경합력이 1차 예취 후에 떨어지기 때문이다.

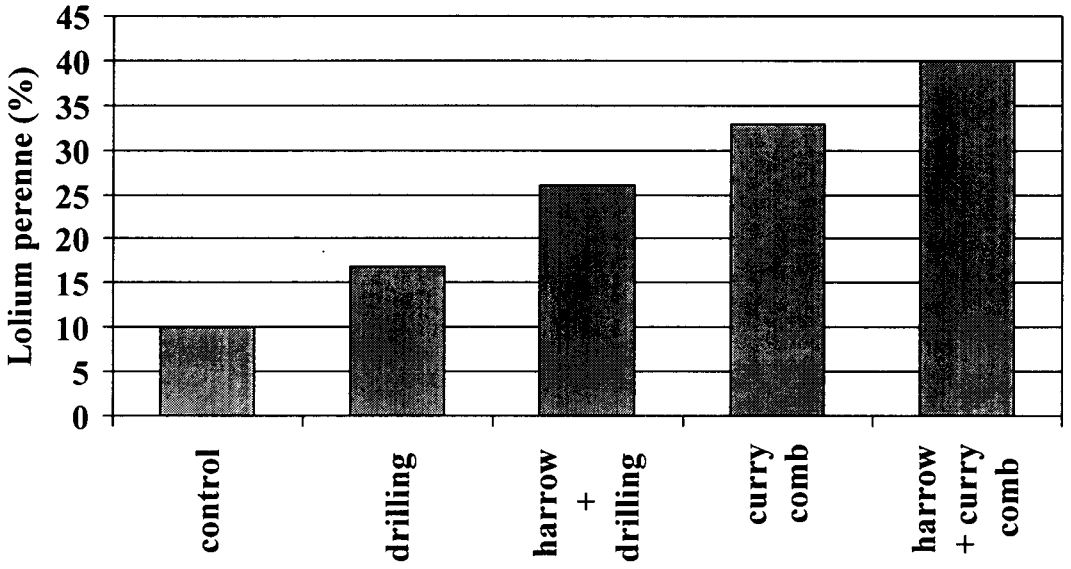

Figure 8. Proportion of *Lolium perenne* in the sward after resowing with different methods.

4. 조사료 생산의 대중적 역할

지난 50년대 이래로 조방(粗放)농업으로 저산간지역은 다양한 종들이 풍부한 간과(看過)된 초지로 보존되었으나, 생산성이 낮은 초지는 화학비료에 의해 다소 생산성이 높은 초지로 전환되었다. 많은 경우에 있어서, 간과(看過)된 초지의 특성은 nardus 군락(*nardetum*) 또는 엘로우 오트그라스 군락(*trisetetum*)과 같은 특정 자생식생 군락이 사라졌다는 것이다. 화학비료가 적합하지 않은 저급 저생산초지는 더 이상 재배되지 않고, 생태계의 유지로 산림으로의 재전환을 야기하였다. 많은 경우에 묵혀둔 간과(看過)된 초지는 적절한 산림계획 사업에 의해 숲으로 재조성하려는 시도를 하였다. 이러한 목적들을 위하여 특별한 농업-환경 보존 프로그램(HELP,

HEKUL)이 만들어 졌으며, 이러한 규정에 따라 농부들은 보상을 받게 되었다. 보상액의 정도는 경작을 제한받는 정도에 달려 있으며, Hessian 초지의 약 40%가 현재 이러한 프로그램들 중에 하나 가운데 있다.

다음과 같은 2가지 주요 문제가 있다.

○ 제초제의 배제 및 잡초 위험 : 일반적으로 초지는 시비량의 제한만 있지, 예취 횟수에 대한 제한은 없다. 그런 초지나 목야지는 집약적으로 관리될 수 있다.

○ 예정된 늦은예취에 의한 제한적 이용이나 목초품질이 급격히 나빠지는 방목체계

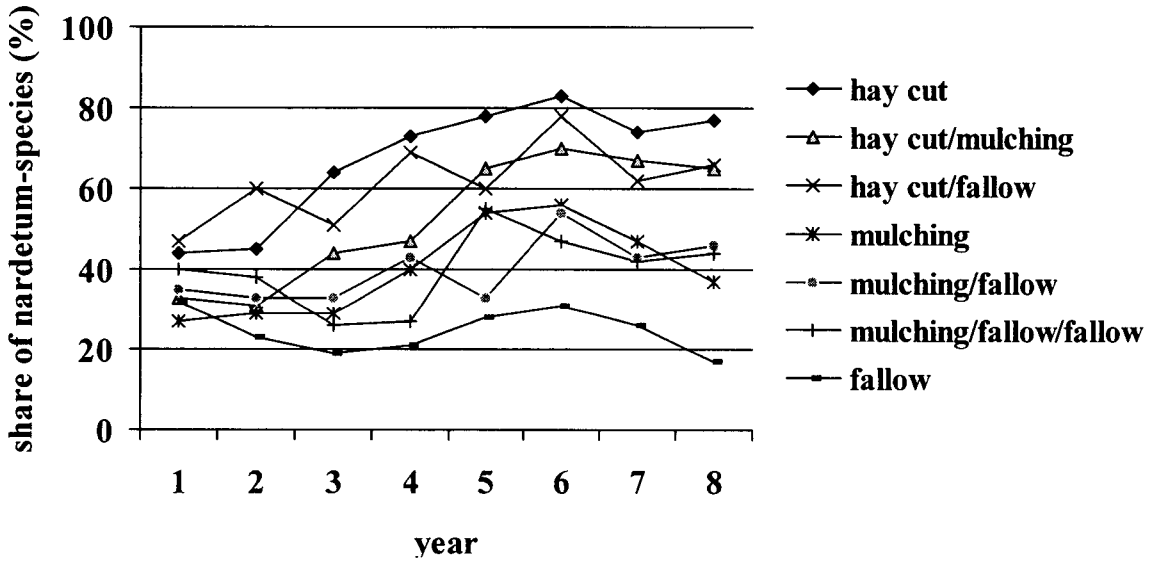

Figure 9. Share of *nardetum* species in reliance to the landscape conservation system after several years old fallow.

멸종 위험이 있는 식물종을 보호하기 위하여 특별한 산림계획 및 자연보호 조치가 수행되어야 한다. 여러해 동안 묵혀둔 초지는 이용을 다시 시작하거나 보존함으로서 재구성 될 수 있다(그림 9). 특정 식물식생의 확산이 빠르게 그리고 강하게 진행될 수록 보존방법에 더 많은 비용이 든다. 매년 건초용 예취(hay cut) 및 예취된 식물종의 biomass를 제거하는 방법으로, 6년 후에는 광범위한 건초용 목야지의 특성이 80% 정도 보존된다. 만일 가장 비용이 많이 드는 기술인 건초용 예취(hay cut)가 피복(hay cut/mulching) 또는 격년으로 묵혀두는 방법(hay cut/fallow)에 의해 대체된다면, 특정식물의 유입과 확산은 지연된다. 보존방법으로 매년 피복(mulching), 격년 피복(mulching/fallow) 또는 매 3년 피복(mulching /fallow/fallow)은 이용되지 않을 수

있다. 게다가 자연보존에 있어서 멸종 위험이 있는 식물종에 대한 희기식물 식생의 보존과 재래종이 아닌 식물종의 방제가 중요한 역할을 한다. 이러한 식물종들의 약간은 초지관리가 변화될때까지는 문제가 되지 않는다.

북아메리카가 원산지인 루핀류(*Lupinus polyphyllus*)는 1930년대 이래로 산림의 개량제로서 이용되어져 왔다. 이웃한 초지에 있어서 이러한 지역들이 재배가 이루어지는 한에는 루핀류가 문제가 되지 않으며, 경계 지역에 있는 초지의 경우, 재배가 이루어지지 않을때만 우점 두과목초들이 수직적으로 번식하여 특정식물이 자생하는 간과(看過)된 초지들을 훼손한다. 전의 결과처럼, 매년 건초용 예취(hay cut)가 성공적인 결과를 초래했다(그림 10). 확실히 루핀류(*Lupinus polyphyllus*)는 건초용 예취(hay cut)를 8월에 처리하는 것보다 7월에 처리하는 것이 좋은 결과를 얻었으며, 가장 좋은 결과는 처리를 두 번 반복하는 것이다. 루핀류의 점유에 영향을 미치지 않는 보존기술(hay cut, mulching)은 토양의 영양분 함량에 상당한 영향력을 미쳤다(그림 11). 이러한 이유로 초지에서 특정식물이 유입되며, 양분의 높은 이용성에 의하여 이러한 식물들은 생산적이지만 보편적이지 않은 식물종과의 경합에 의해서 널리 퍼지지는 못 하였다.

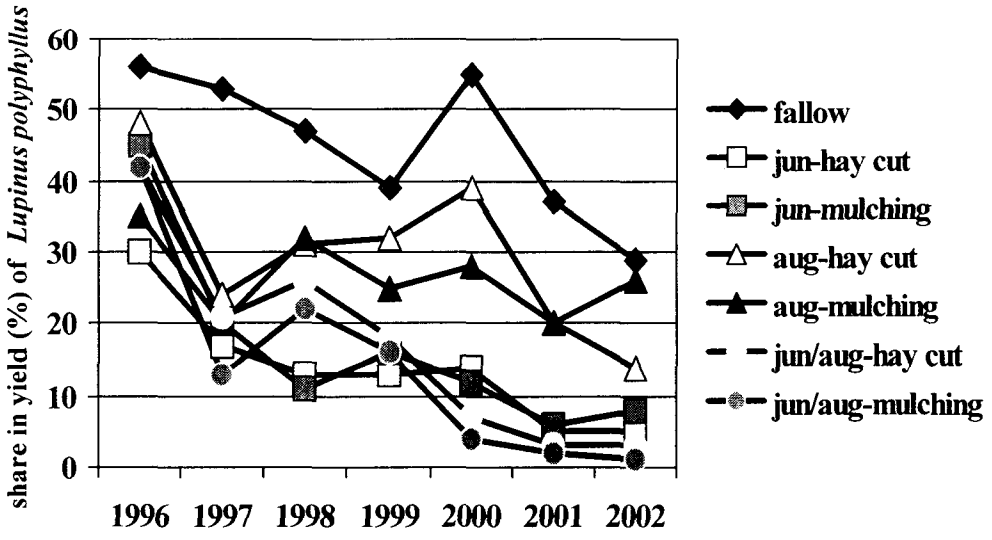

Figure 10. *Lupinus polyphyllus* in reliance to the landscape conservation system.

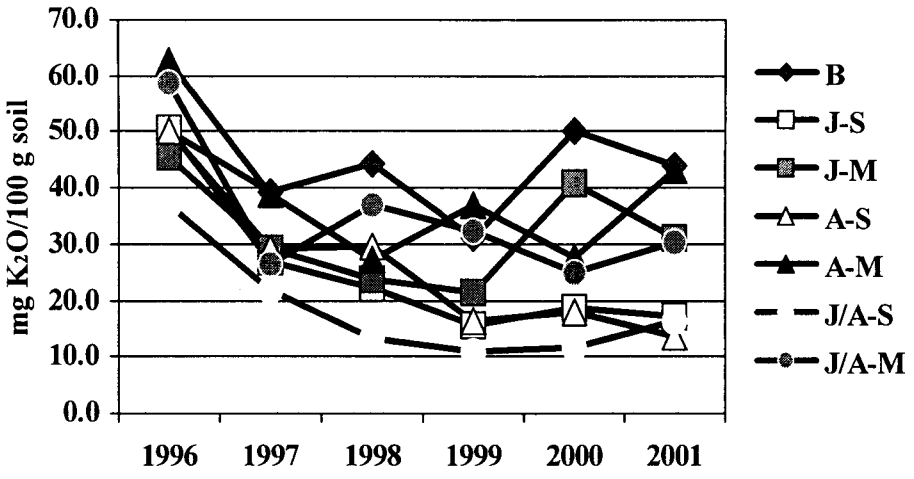

Figure 11. Content of potash in the soil dependent on the landscape conservation system.

5. 요 약

독일에서 초지를 근거로 한 가축경영의 중요한 문제는 목초보다는 옥수수나 곡류로 아주 쉽게 얻어질 수 있는 사료인 고에너지 농후사료가 필수적인 고능력우의 사육에 있다. 그러므로 우유생산은 초지지역에서 사료작물 지역으로 이동하는 추세이다.

아마 미래에는 우유생산에 있어서 농후사료에 의한 과잉영양분은 정부에 의해 제약을 받게 될 것이며, 발생되는 문제는 가장 좋은 초지를 이용하고, 최적의 사일리지 및 분뇨이용 기술을 이용하므로 해결될 수 있다.

지속적인 조사료 생산의 가장 중요한 단계는 특히, 사일리지 목초지에서 일반적인 보파기술을 포함한 초지관리에 있다.

Hessian 초지의 약 40% 정도가 초지이용을 유지하기 위하여 그리고 자연자원을 보호하기 위하여 농업－환경 프로그램들(agri-environmental programs)로 관리를 받고 있다. 선택적인 조치들이 자연 및 산림보존에 대한 특별한 문제들을 해결하기 위하여 수행되어지고 있다.

Topical Questions of Grasslandfarming from the German Point of View

Dr. R. Neff, HDLGN, Eichhof, Bad Hersfeld, Germany

About one third of agricultural acreage in Germany is grassland. Therefore forage based livestock farming is an important factor of agriculture. But there were trends with sustainable influence on grassland management during the last twenty years.

- Improved ways of cultivation such as fertilizing and resowing result significant improvement of forage yield and quality.
- Until the seventies of the last century hay making was dominant. After that it was almost completely replaced by silage.
- Improvement of milk yield from the forage.
- Success in animal breeding results in improved animal efforts and thereby in increasing needs of energy in the feed.
- Success in corn breeding admits the cultivation of this demanding and productive species even on marginal locations.
- With regard to the payments of the European Union (EU) grassland is discriminated in comparison to corn and grain.
- Milk robots and modern feeding management (Total Mixed Ration) promote the trend away from utilization of pastures.

1 Conditions and problems of forage-based livesock farming

These partly very effective changes define the basic conditions for present grassland cultivation. In Germany for example the average milk yield per cow has more than doubled from 2.600 kg in 1950 to over 6.000 kg per cow per year in 2000. Successful farms get milk yields of 10.000 kg and more.

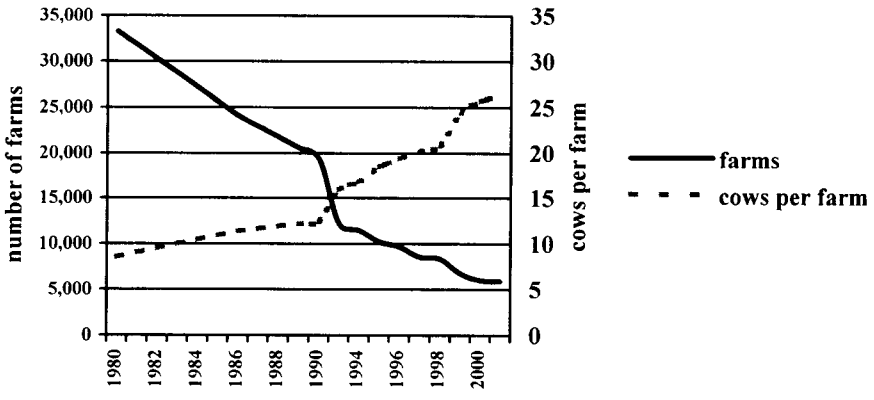

Figure 1. Development of Hessian dairy farms since 1980.

In this period the number of farms decreased distinctly and the remaining extended. For example the number of dairy farms in Hesse decreased by 80 % during the last 20 years, while the cows per farm increased from 8 to 26 on average(**Figure 1**). At all the number of dairy cows was cut in half from circa 300.000 to about 150.000 (**Figure 2**). Thereby the quota fixing of the milk amount in the EU since 1984 plays a decisive role. The number of suckler cows quadrupled from 10.000 to 40.000, but the loss of dairy cows thus by far is not compensated.

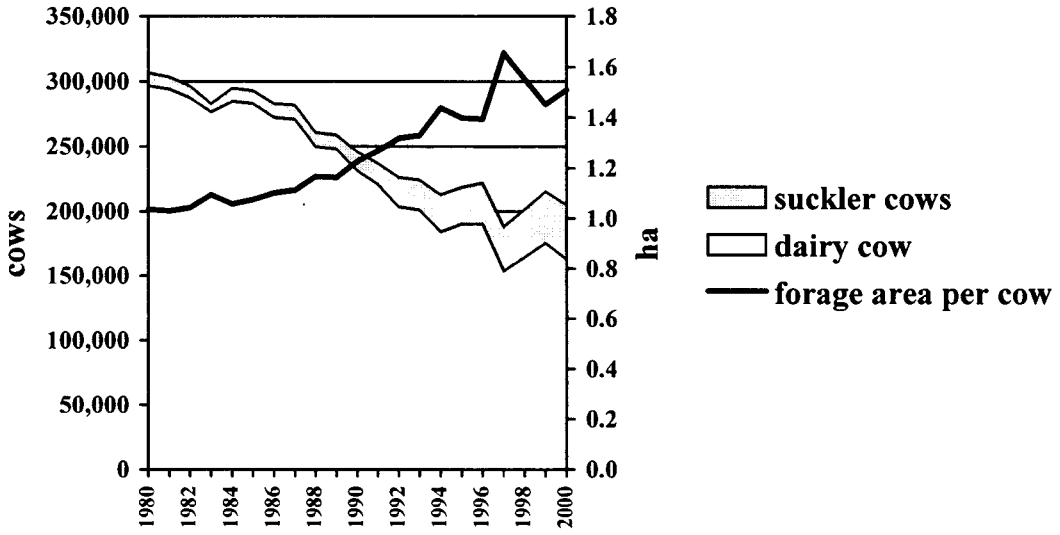

Figure 2. Development of cattle stock and forage area in Hesse (data from Statistisches Landesamtes).

With nearly constant grassland proportion of 35 % of the agricultural area in Hesse, the forage area per livestock unit clearly increased. Referring to all cows (dairy and suckler cows) it extended from 1,0 to 1,5 hectare (ha) per cow by 50 % (Figure **2**). Many farmers now have too much grassland and they have to decide, if they can reduce the number of all cuts to 2-3, or resign utilizing the regrowth after using 2-3 valuable first cuts. Thereby it is well known, that the forage quality is strongly influenced by the cutting frequency, and especially dairy cows for a high milk yield rely on best forage quality.

The current situation related to milk production is characterized as follows: in spite of significant yield increase grassland lost attractiveness compared to forage crop growing. The main reason for it might be the current agrarian policy, on that the economic optimum in milk production closely correlates with maximum milk yield per cow. But very high milk yield requires high energy concentration in the feed. And that can be obtained a lot easier with corn and grain than with silage from grass. Consequentially milk production tends out of the grassland region and into forage crop region. With much concentrates and increasing proportion of forage crops in fodder ration maximum milk yield per cow is the primary aim of animal husbandry.

But grassland must be used and will be used for milk production in future as well, if the extended absolute grassland of the floodplains and of the low mountain range should remain in cultivation. Because there are only insufficient alternatives of utilization!

For milk production from grassland obtain other strategies, than for milk production from forage crop area. High input of concentrates strains the internal cycle of nutrients, because the nutrient export with milk and meet is quite small. The nutrient surplus of grassland farms is the higher the higher the import via concentrates and mineral fertilizer is. With growing environmental awareness nutrient surplus are observed critically and the European Community directive for nitrate forces to act. From 2003 just 180 kg/ha surplus of nitrogen are allowed in the Netherlands. Limits for Germany are under discussion.

A simplified example should point out the problem (Table 1): with concentrates nutrients are imported into the cycle "soil-plant-animal". Exports take place only with milk and meet. Supposed milk yield of 6.000 kg per cow and one cow per hectare grassland, 33,6 kg N/ha are exported. Assuming a milk yield from the forage of 3.000 kg, 1.500 kg concentrates (2 kg milk/kg concentrate) with 43,2 kg N are imported. There is an overplus of 9,6 kg N/ha only from concentrates.

Table 1. Nutrient content in milk and in concentrates as well as resulting surplus for milk production for milk yield of 6.000 kg and milk from the forage of 3.000 kg

	Nitrogen	Phosphorus	potassium
Nutrient content			
1.000 kg milk	5,6 kg	1,0 kg	1,5, kg
1.000 kg concentrates (18/0,4/0,45% cp/ph/pot)	28,8 kg	4,0 kg	4,5 kg
exports with milk			
6.000 kg milk/ha (1 cow/ha a'6.000 kg)	33,6 kg/ha	6,0 kg/ha	9,0 kg/ha
Imports with conentrates			
3.000 kg/ha (1.500 kg concentrates)	43,2 kg/ha	6,0 kg/ha	6,8 kg/ha
Surplus from feeding	**9,6 kg/ha**	**0,0 kg/ha**	**2,2 kg/ha**

The question follows: "how much fertilizer needs the grassland?" respectively "how large is the scope for mineral fertilizer on grassland?" against the background of discussions about limits for overplus of nutrients. Thereby the forage quality and forage intake are the most important factors.

An exemplary comparison of two farms shows that (Kühbauch & Anger, 1999; Figure 3). Farm model 1 has valuable forage and yields 5.000 kg milk per cow from the forage. The cows eat 18 kg dry matter (DM) and can get about 1.800 kg concentrates before the scope of nitrogen with an amount of 38 kg from the beginning is exhausted, and a surplus of nitrogen would arise. Under this conditions a milk yield of 8.000 kg per cow is obtainable. Farm model 2 has less valuable forage. The animals eat fewer. With lower milk yield less nutrient are exported and a concentrate ration of 1.200 kg/cow already leeds to positive balance of nitrogen. The milk yield reaches only 5.000 kg/cow/year.

This example points out, that especially at high milk yield and high concentrate ration, forage with high quality should be used to reach scopes for nutrients to decline surpluses out of milk production. With increasing milk from concentrates nutrient surpluses accumulate and have to

be exported with grain or other fruits out of the farm cycle. Otherwise there is hardly a chance to use mineral fertilizer on grassland.

To meet the future limits, the nutrient import into the system "soil-plant-animal" has to be terminated. This is only possible, if:

1. the milk yield from the forage can be upgraded by very good forage quality and high forage intake on concentrate´s account, and
2. with concentrates imported nutrients, remaining in excrements in the farm cycle, can be applied to a "dual-nutrient-utilization" by optimisation of the manure application in forage production.

Ultimate ambition of milk production on grassland can not be a maximum yield per cow with high application of concentrates, but improvement of the profitability by reduction of the production costs.

Essentially starting points:

- best swards and optimal silage technique
- Optimisation of the manure utilization

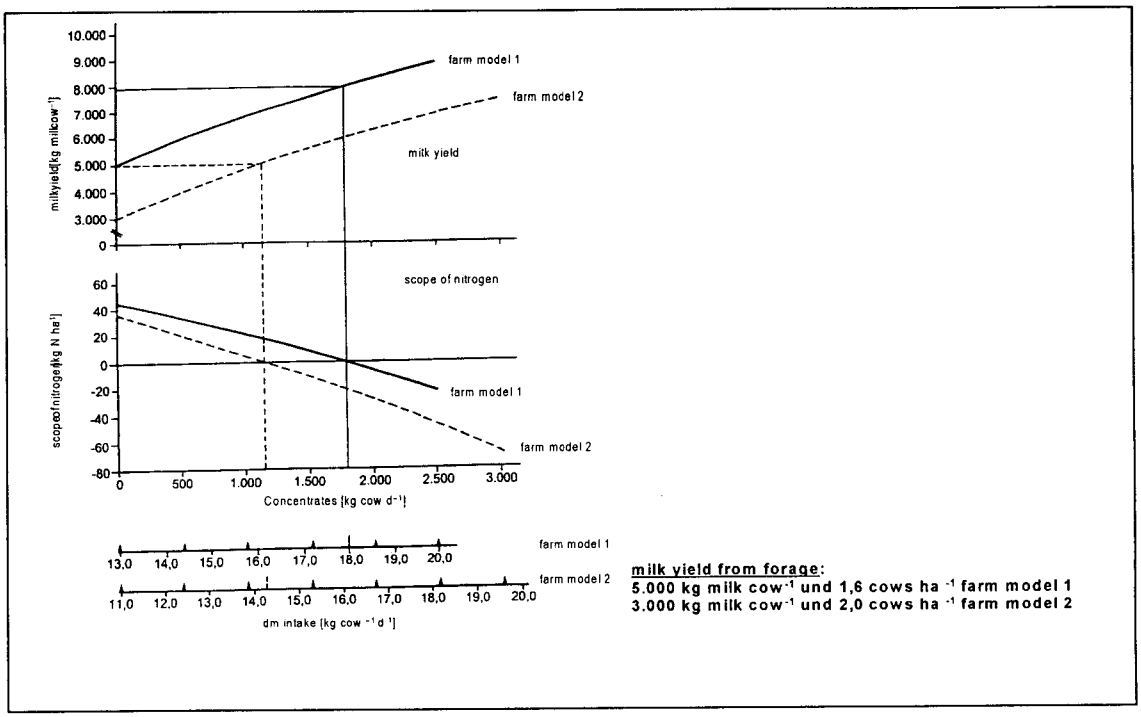

Figure 3. Milk yield per cow and scope of nitrogen per hectare (Kühbauch &. Anger, 1999).

2 Use of manure in forage production

Manures from the abovementioned reasons play a more and more important role on grassland. They are highly effective resources. On the other hand their handling partly is still problematic. Unreliable dealings time and time again raise from misjudgement of the availability of nutrients respectively the mineral fertilizer equivalent and the resulting additional need of mineral fertilizers.

For the calculation of fertilizer amount basic nutrients of manure are to assess completely. In the case of nitrogen due to spreading losses of 20 % can be regarded. Manure application is always combined with loss of nutrients especially on grassland. That applies exceptionally for nitrogen, which is half bounded organically in liquid manure of cattle. The other half arises out of urea and uric acid and is available as ammonium ion and as ammoniac. The proportion of NH_4^+ and NH_3 to each other depends on the pH value. It shifts to NH_3 at a pH value higher than 7 whereby gaseous nitrogen losses can increase.

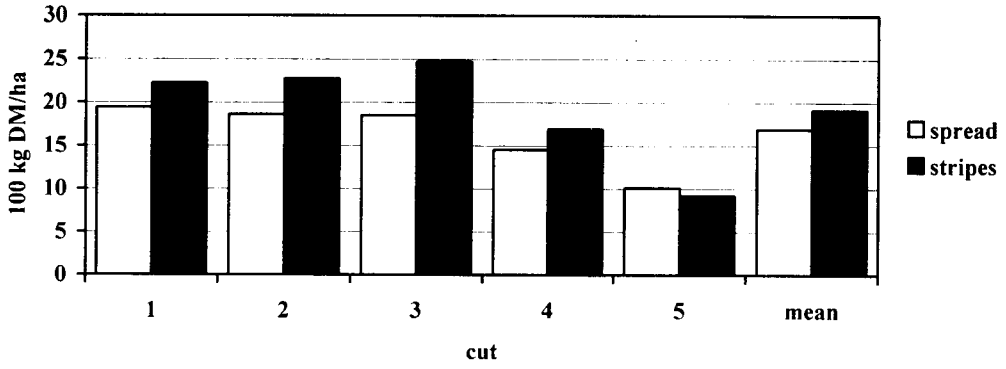

Figure 4. Forage yield (mean of 4 years) affected by the application technique of liquid manure (20 m³ to the cuts 1-3).

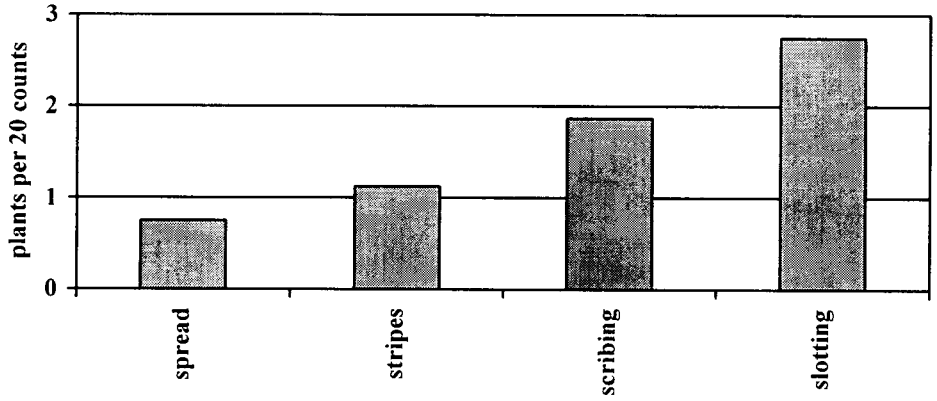

Figure 5. Number of *Rumex obtusifolius* plants after two years with different liquid manure techniques.

The total loss of ammoniac is composed 15 % during storage, 15 % during spreading, and 70 % immediately after spreading. After spreading organic acids are oxidised quickly and thus the pH value increases. Ammonium grows into ammoniac and escapes to the atmosphere in large extent. Dependent on the fertilization conditions 25-95 % of ammonium-N can be lost. Especially high temperature, sunshine and wind are the reasons. Therefore were efforts to limit loss of nitrogen already in the paste. Old rules for liquid manure say that each application should be limited to 20 m^3/ha and carried out in case of cloudy sky or rain. These rules are still obtaining.

Additionally special low emission techniques for liquid manure application are available today. They shall reduce the contact of manure and air and shorten its retention period on the soil. There are systems putting down the manure in stripes (stripes) on the soil and others giving it into the soil. Some machines scribe the sward 1-2 cm deep (scribing), others slot the soil up to 10 cm deep (slotting). These can reduce the loss of nitrogen up to 50 and 90 % respectively compared to a traditional spreader (spread). However the stress for the sward by this techniques with small working width and very high needs of tractive force is very considerable. It promotes less valuable species such as *Poa trivialis* and *Rumex obtusifolius*.

Figure 4 gives the result of a four years running experiment. Each of the first three cuts of permanent grassland got 20 m^3 of liquid manor spread and in stripes respectively. The mean forage yield of all years and cuts of the stripe variation is significant higher. But there are differences between the single cuts. The superiority of the stripe technique is the higher the more unfavourable the weather conditions for manure application due to increasing temperature from the first to the third cut are.

Figure 5 presents the counts of *Rumex obtusifolius*, the most problematical weed of grassland in Europe, in plots with different liquid manure application systems. Already after two years the spread of this species is significantly favoured by those techniques which are known to minimize the loss of nitrogen.

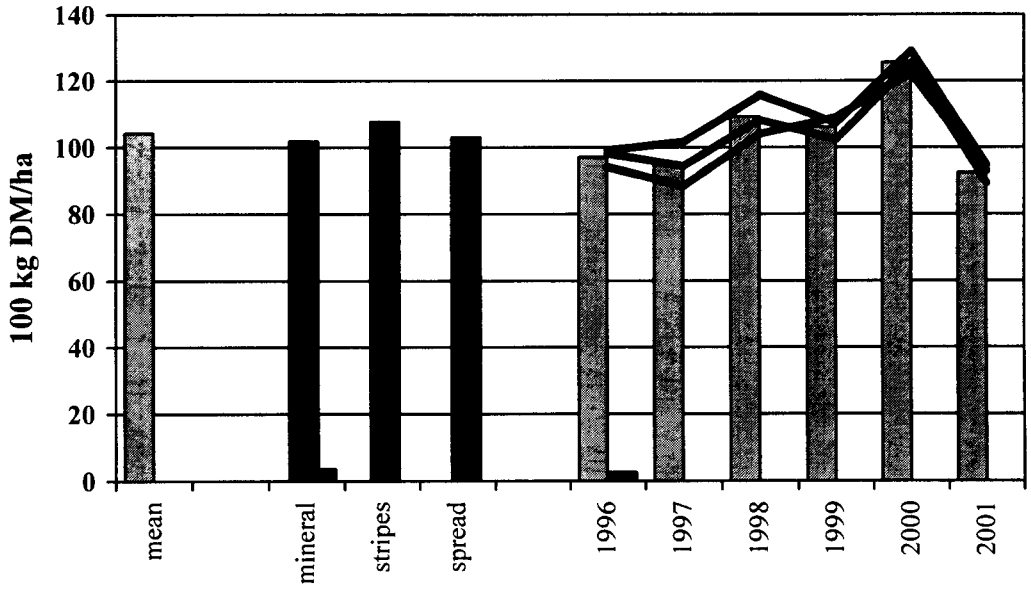

Figure 6. Forage yield dependent on the fertilizing system.

Highest forage yields from grassland are achieved with 150 – 200 kg N/ha. This applies to liquid manure, too. It is the result of an experiment to optimise liquid manure application on grassland (Figure 6). At the beginning of the experiment the sward was three years old. The first three cuts were fertilized only with 20/20/15 m^3 manure/ha. In comparison to mineral fertilizer the manure was given in stripes on the soil as well as spread. Because the liquid manor was applied only if weather was well (cloudy sky, no wind, low temperature) there is nearly no difference between manor variants. Moreover the forage yield with exclusively manor fertilization is as high as fertilized with minerals. As a result the value of liquid manor in case of proper application gets obvious. Indeed the evolution of the sward thereby plays an important role. In manure plots *Trifolium repens* developed up to 15-20 % whilst it was 3-5 % in plots with mineral fertilizer. Nitrogen from its Rhizobium synthesis contributes to the forage yield additionally.

The experiment points out that mineral fertilizer and liquid manure yield in similar forage quantity and that the postulation for "dual-nutrient-utilization" is realisable. Therefore the precondition is an optimised utilization of liquid manure which is possible, if:

- the application takes place in early springtime (end of February) as soon as the location allows it.
- the liquid manure is deposited in stripes on the soil.
- each application is limited to 20 m^3/ha.
- the sward consists of at least 70 % productive forage grasses (*Lolium perenne*, *Festuca pratense*, *Poa pratense, Phleum pratense*, and *Dactylis glomerata*).

3 Sustainable forage production and utilization

Among many factors influencing the forage quality in addition to the date of utilization especially the sward composition is most important. The precise care of the sward, such as planating at springtime, currying after liquid manure, recutting after grazing, and if necessary cutting or chaffing before winter, is required for the preservation of productive swards. In case of predominant and even more in case of exclusive cutting systems a regular preventing resowing belongs to care of grassland, because productive populations, especially valuable swards with a high content of *Lolium perenne* do not tolerate the cut for silage. The higher the cutting impact, the faster the swards will get full of gaps and offer entrance to weeds (Figure 7). Depending on the location and intensity of cultivation these can be *Taraxacum officinale* or *Ranunculus repens* but also *Elymus repens*, *Holcus lanatus* and other annoying weeds and pest grases.

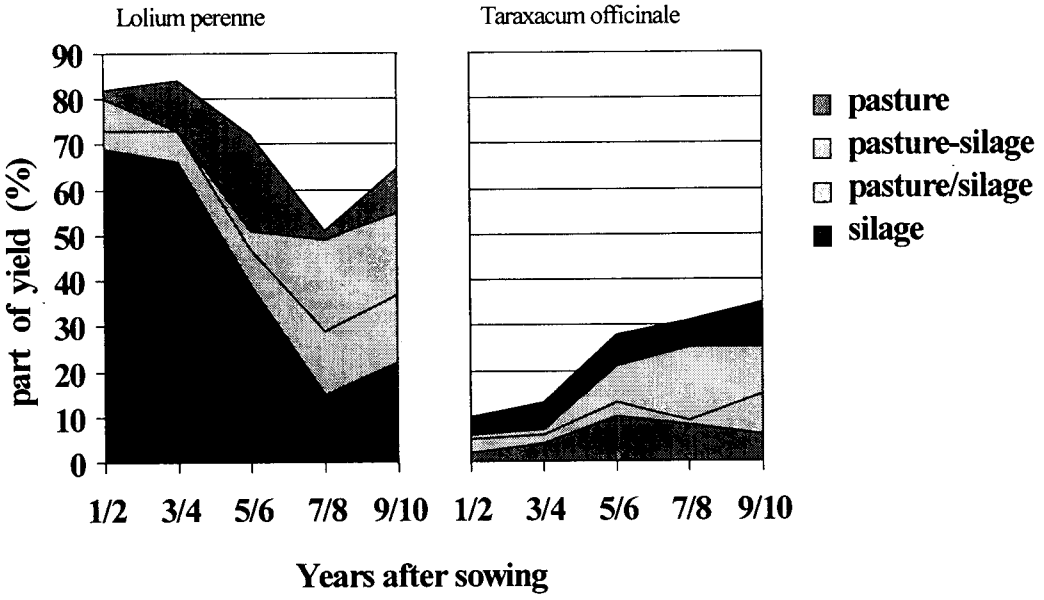

Figure 7. Part of *Lolium perenne* and *Taraxacum officinale* at differing grassland management systems with increasing cutting impact from pasture to silage making in the first growth. All regrowths are grazed.

The spreading of gaps of the sward should be prevented by regular resowing. Therefore two different procedures are possible:

- Putting down the seeds ***on*** the raw soil. This can be done in combination with a corresponding equipped curry comb or with a special built grass seeds spreading techniques with an electric motor which is normally used in the front of a tractor. But also adding the seeds to mineral fertilizer is possible, if it is taken notice of the low dispersibility of the light grass seeds.
- Putting down the seeds ***into*** the soil with special implements restricting the old sward only slightly. Different drilling systems are common. Some techniques only scarify the soil and so cut into the dense sward with weeds and pest grasses. Swards like this recover after the seeding and can present a real obstacle to the seedling. For this reason a successful dissemination with those implements is only possible on a soil full of gaps. Resowing dense swards needs techniques which aerate the sward and give the seedling the required space.

Seedlings have to assert themselves against the competition of the old sward. Therefore the technique is the more promising, the more incomplete is the old sward. Therefore weed control in preparation is to be proved. In felted swards using a harrow for preparation is most effective. This is shown by Figure 8. The proportion of *Lolium perenne* is the higher, the more weeds and less valuable grasses are removed by harrow and curry comb.

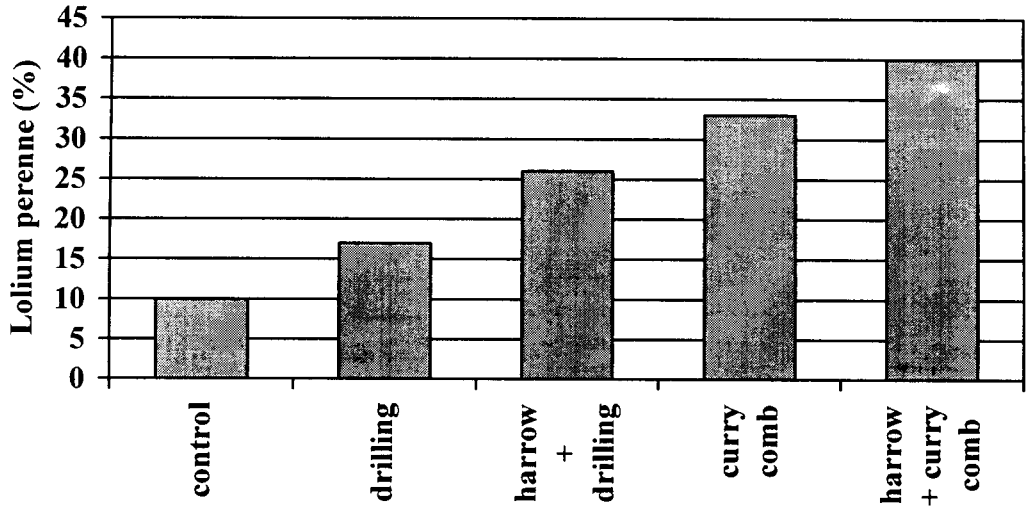

Figure 8. Proportion of *Lolium perenne* in the sward after resowing with different methods.

Among the perennial grasses, suitable for resowing, only *Lolium perenne* has the unrestricted power to assert against the competition of the old sward. Therefore only *Lolium perenne* should be used. The addition of *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, and *Phleum pratense* has to be decided if the case arises. Generally only suitable varieties of the used species come into question.

In case of prophylactic resowing the annual seed quantity 5-8 kg/ha should be applied. In case of more elaborate techniques used to repair the sward 20 kg/ha come out well. The method should take place after the first or second cut in June or July. Because the competition of the old sward in the regrowth is less than in the first cut.

4 Public role of forage production

Since the fifties of the last century in low mountain range by extensive husbandry conserved neglected grassland rich of species but with low productivity was transformed in more or less productive grassland by mineral fertilizer. Characteristic neglected grasslands, in many cases habitat-specific plant communities like *nardetum* or *trisetetum*, disappeared. Where mineral fertilizer was not profitable low yielding grassland with low forage value was cultivated no longer and the succession of the ecosystem led to re-evolution of forest. In many places we have the attempt to reconstitute the fallow of neglected grassland often with bushes by suitble landscape conservation methods.

For these purposeses special agri-environmental support programmes (HELP, HEKUL) were created. In compliance with these regulations farmers obtain payments. The amount of these depends on the extent of the husbandry restriction. About 40 % of the Hessian grassland is in one of these programms at the moment.

Thereby are two main problems:

- Proscription of herbicides and the risk of weeds. As a rule grassland only with limitation of fertilizer but not with limited cutting system is involved. Such pastures and meadows can be managed intensely.
- Restricted utilization by predetermined late cutting or grazing involving significant deterioration of forage quality.

To protect endangered plant species or to reconstitute specific biocenoses after many years of fallow special measures of landscape conservations and nature conservation are carried out.

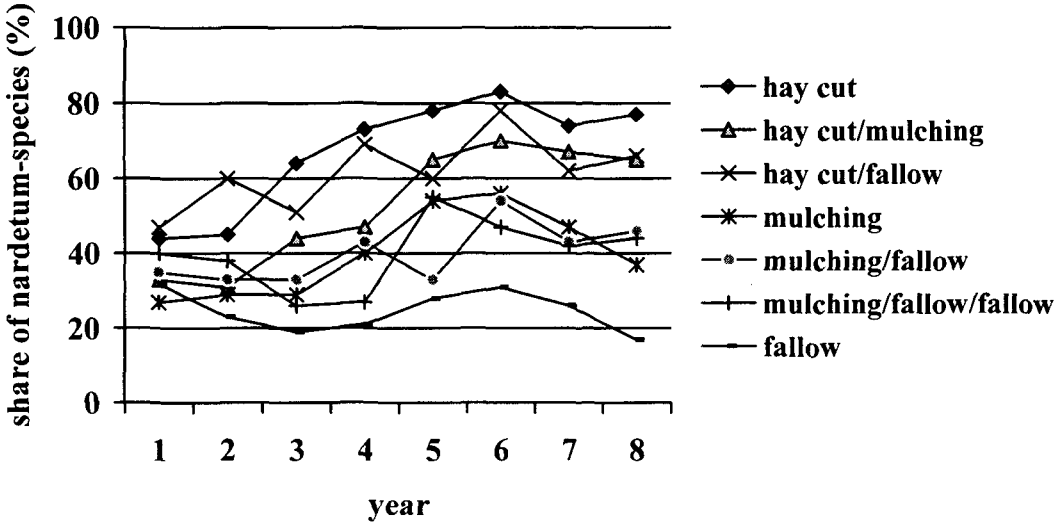

Figure 9. Share of nardetum species in reliance to the landscape conservation system after several years old fallow.

For many years fallowed Grassland can be reconstituted by reopening utilization or conservation (Figure 9). In evidence the dispersion of habitat specific plant species goes faster and stronger the costlier the conservation method is. At annual hay cut and remove of the biomass plant species, characteristic for an extensive hay meadow (polygala nardetum), after six years obtain a share of 80 %. The immigration and dispersion delays, if the most expensive technique (hay cut) is replaced by mulching (hay cut/mulching) or fallow (hay cut/fallow) every other year. Annual mulching (mulching), mulching every other year (mulching/fallow) or every third year (mulching/fallow/fallow) as conservation method can be cancelled.

Besides the conservation of rare vegetations protection of endangered plant species in nature reserves and control of no local plant species plays an increasing role. Neophytes become something of an issue, if they are equipped with stronger dominance and edge out the authochthone vegetation.

Some of these plant species become not problematic until the grassland management has changed. *Lupinus polyphyllus* originally comes from North-America and has been utilized as an

ameliorant in forestry since the thirties of the last century. On neighboring grasslands it is unproblematic as long as these areas were under regular cultivation. Only when marginal grassland is taken out of regular cultivation the dominant legume proliferates unopposedly and destroys the habitat-characteristic neglected grasslands.

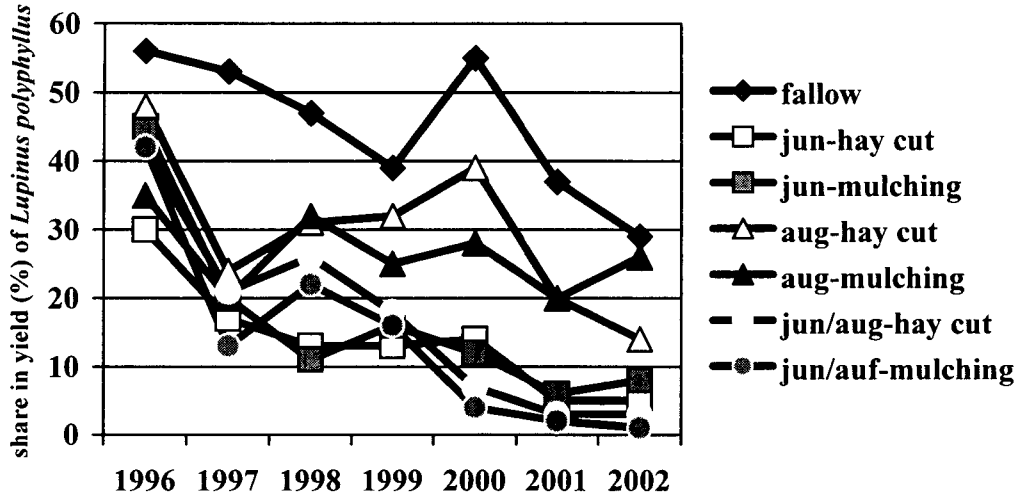

Figure 10. *Lupinus polyphyllus* in reliance to the landscape conservation system.

As before annual hay cut with remove of the biomass results in success (Figure 10). Certainly *Lupinus polyphyllus* responds better to treatment in June than to treatment in August. Best success is achieved by treatment twice.

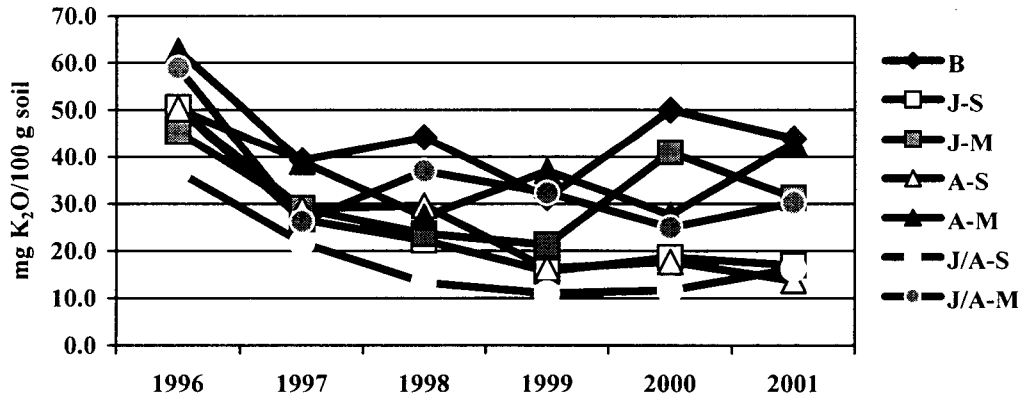

Figure 11. Content of potash in the soil dependent on the landscape conservation system.

Hardly having an effect on the share of *Lupinus polyphyllus* the conservation technique (hay cut or mulching) has a strong influence on the content of soil nutrients (Figure 11). For this reason it determines the immigration of characteristic plants of neglected grassland. By good availability of nutrients these plants will hardly prevail against the competition of productive but untypical species.

5 Summary

The main problem of the forage-based livestock farming in Germany at the moment is the high yielding cow requiring high energy concentration in feed which can be obtained lot easier with corn and grain than with grass. Therefore milk production tends out of the grassland region and into the forage crop region.

Nutrient surplus due to concentrates in milk production in future probably will be limited by the government. The problem can only be solved by using best swards and optimal silage techniques as well as optimisation of manure utilization.

Most important steps of sustainable forage production are care of grassland as well as regular resowing, especially of silage meadows.

About 40 % of Hessian grassland is managed in agri-environmental programs to keep it in use and to protect the natural resources. Selective measures are realized, to solve special problems of nature and landscape conservation.