



## 네덜란드 지속 낙농 모델 De Marke

함준상<sup>1\*</sup> · 최용수<sup>2</sup> · Jan Fongers<sup>2</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립축산과학원, <sup>2</sup>Wageningen UR

### De Marke, Dutch Model for Sustainable Dairy Farming

Jun-Sang Ham<sup>1\*</sup>, Yong-Soo Choi<sup>2</sup> and Jan Fongers<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

<sup>2</sup>Wageningen UR, 6708PB, The Netherlands

#### Abstract

The Netherlands produce more than 11 million tonnes of milk per year, and approximately 60% of the milk is exported. Dutch milk production is five times higher than that of Korea, even though Korea comprises a land area three times greater than the Netherlands. Upscaling and intensification have characterized the Dutch way of dairy farming since 1960, and adverse effects of the intensification of dairy farming became evident from the late 1970s and early 1980s onwards. The transition toward a more sustainable farming system is a central element of the Dutch agenda for the reconstruction of the livestock production sector. The environmental problems in Dutch dairy farming in the 1980s have led to the establishment of the experimental dairy farm “De Marke” which aims at improving the utilization of fertilizers and feeds, through minimizing nutrient requirements, maximizing the use of nutrients in organic manure and homegrown feeds, and through the targeted use of fertilizers and feeds. 85 cows at “De Marke” produce 720 tonnes of milk per year, using 55 ha of pasture in a sustainable manner. That means, 150,000 ha of pasture are required to produce 2 million tonnes of milk, which the current milk production of Korea. It is urgent to provide sufficient pasture for sustainable milk production in Korea, and primarily the transition to pasture of surplus rice paddies, resulting from of a decrease in rice consumption, should be considered.

Keywords: De Marke, sustainable dairy farm

#### 서론

세계적인 산업화와 경제발전은 화석연료의 사용을 크게 증가시켰으며, 대기의 온실가스 농도가 증가되면서 급격한 기후변화를 일으키고 있어서, 결과적으로 지구 전체의 농업과 식량 생산을 위협하고 있다(Karl and Tenberth, 2003). 또 개발도상국의 축산물 수요 증대는 사료곡물 가격의 상승을 가속시키고 있다. 축산물의 소비 증가로 산림과 농지

의 축소와 황폐화가 지속되고 있으며(FAO, 2005), 전염병 발생을 증가시키고, 비만인구와 몇 가지 만성질환자의 증가를 일으키므로써 국민 의료비 부담 증가를 초래하는 것으로 인식되고 있다(FAO, 2012; Nierenberg and Garces, 2004). 따라서 온실가스 배출을 적극 억제하고, 모든 산업을 지속 가능한 형태로 전환해야 된다는 인식이 널리 수용되고 있으며, 강력한 시행이 촉구되고 있다.

우리나라 낙농업의 확장은 국민, 특히 청소년의 체력과 영양을 획기적으로 향상시켰으며, 낙농인의 소득 증대에 크게 기여하였다. 그러나 곡물사료의 지속적 수입 의존성과 조사료 생산의 부족은 낙농업의 경쟁력 향상에 중요한 저해

\* Corresponding author: Jun-Sang Ham, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea. Tel: +82-31-290-1692, Fax: +82-31-290-1697, E-mail: hamjs@korea.kr

요인으로 지적되고 있으며, 낙농의 지역분포와 환경관리를 위한 정책추진이 부진하여 환경오염과 질병관리에 문제점이 지적되고 있다(함과 김, 2013).

우리나라 국토면적의 1/3 크기이지만, 우유 생산은 5배 이상이며, 이중 60% 이상을 수출하는 낙농선진국 네덜란드에서도 좀 더 지속가능한 낙농 시스템으로의 전환은 축산 부문 재건의 중심 요소이다(Wijffels, 2001). 지속가능성의 개념 정립을 위해 목장 시스템의 지속가능성의 정량화와 좀 더 지속가능한 목장시스템으로 전환의 효과성을 정량적으로 평가할 필요가 있다. 여러 가지 방법들이 농업에서 지속가능성을 확인하기 위해 개발되었다(예, De Wit *et al.*, 1995; Chandre Gowda and Jayaramaiah, 1998; Hanegraaf *et al.*, 1998; Webster, 1999; Sands and Podmore, 2000; Rigby *et al.*, 2001; Tzilivakis and Lewis, 2004; Zinck *et al.*, 2004). 이들 대부분이 경제적, 사회적, 생태적 지속가능성에 모두 초점을 맞추지는 못하며, 지속가능성의 모든 측면을 잘 조화된 하나의 종합적인 지속가능성 지표로 통합하지도 못한 다. 경제적, 사회적 및 생태적 지속가능성이 모두 함께 있으며(De Koeijer *et al.*, 1995), 농가가 주로 농업의 지속가능성을 결정하기 때문에(Webster, 1999) 목장 수준이 지속가능성의 가장 중요한 시작점으로 간주된다. 네덜란드 농업발전의 상징으로 인정받고 있는 와게닝헨 대학연구센터(Wageningen UR)에서는 목장 수준의 지속가능성을 연구하기 위한 실험목장으로 'De Marke'를 설립하여 낙농의 지속가능성 제고를 위한 다양한 연구를 진행하고 있다.

본 고에서는 네덜란드의 낙농산업의 현황과 문제점을 고찰하고, 낙농산업의 지속성 제고를 위한 실험목장 'De Marke'에 대해 소개하고자 한다.

## 본 론

### 1. 네덜란드의 낙농산업

네덜란드는 유럽에서 가장 작은 나라 중의 하나이다. 전체면적 4백만 ha의 절반 이상이 농업용으로 사용되고, 거의 1/4이 물이다. 인구는 16.5백만 명이고, 약 25%가 20세 이하이며, 기대수명은 남자 78세, 여자 82세이다. 평방 km당 평균 488명이 살고 있어 네덜란드는 인구밀도가 가장 높은 국가중의 하나이다. 약 2/5 이상이 고도로 도시화된 지역에 살고 있으며, 1/5는 시골 지역에 살고 있다. 네덜란드는 세계에서 가장 부유한 나라 중의 하나이며, 경제는 국제화를 지향하고 있으며, 미국에 이어 2위의 농산물 수출국이다. 네덜란드의 훌륭한 수송 체계가 이를 가능하게 했으며, 로테르담 항구는 유럽 최대이고, 세계 2위의 화물 수출항이다. 노동생산성이 높고, 투자환경이 우수하여 많은 국제적 기업이 네덜란드에 위치하고 있으며, 2008년 GDP는 594십억 유로이었다(MANFQ, 2010). 2007년에 복합농관련산업(agricultural industrial complex)의 부가가치는 48십억 유로이며, 네덜란드 경제의 약 10%를 차지하였다. 네덜란드 농업과 원예의 총생산 가치는 24십억 유로로 국내 총 생산의 1.6%(‘08)를 차지하였으며, 이 중 축산이 9.7십억 유로 40.4%, 원예가 9.3십억 유로 38.9%, 작물이 2.1십억 유로 8.7%였다. 축산에서는 낙농의 비중이 43%로 가장 높았다(MANFQ, 2010).

네덜란드의 소 사육두수는 총 389만 두이며, 이 중 유우는 147만 두에 달한다. 홀스타인 Friesian의 평균 산유량은 8,750 kg이며, 지방 4.26%, 단백질 3.44%이다(‘08). 전체 우유생산량은 11백만 톤이며, 이중 약 70%는 치즈로 가공되며, 약 60%는 수출된다(CBS, 2014).

네덜란드의 낙농은 2차 대전 후에 전문화 및 기술혁신의 결과로 변화되었다(Bieleman, 2005). 규모화 및 집약이 1960년 이후 네덜란드 낙농의 특성이 되었다. 에너지 비용 상승과 관련한 생산비 증가에 충분하지 못한 우유 가격으로 낙농에 부담이 증가하였다. 수익을 유지하기 위해 낙농가들은 우유 쿼타를 늘리고 ha 당 그리고 노동시간당 우유 생산을 높였다. 낙농시스템은 (1) 초지 생산을 높이기 위한 값

Table 1. Milk supply and dairy production in the Netherlands

Subjects	Milk supply			Dairy production				
	Volume	Butter	Cheese	Milk powder			Concentrated milk	Whey powder
				Total Milk powder	Whole milk powder	Skimmed-milk powder		
2006	10,656,600	125,100	714,000	154,500	105,600	48,900	308,900	63,742
2007	10,737,140	129,200	730,333	152,707	109,840	42,867	326,739	79,118
2008	11,294,572	124,312	721,699	182,173	126,942	55,231	341,898	64,514
2009	11,468,581	117,180	712,094	204,142	140,235	63,907	319,764	68,433
2010	11,626,123	133,419	752,638	199,087	135,457	63,630	347,285	.

싼 화학비료의 수입과 (2) 우유 생산을 높이기 위한 사료의 수입에 의존하였다. 수입된 비료와 사료의 일부 영양소만이 수출 축산물로 전환되었고, 나머지는 분뇨로 배출되어 작물생산에 활용되거나 환경으로 소실되었다. 낙농 집약화의 부작용은 1970년대 말에서 1980년대 초에 가시화되었다(Henkens and Van Keulen, 2001). 환경으로 영양소 손실은 지하수와 지표수의 품질에 영향을 미쳤고(Carwright *et al.*, 1991; Erisman *et al.*, 2007; Galloway *et al.*, 2008), 산성 퇴적(암모니아)에 기여하였다. 환경으로 영양소 손실의 영향에 대한 인식으로 유럽 여러 나라에서 정책이 개발되었다(De Clercq *et al.*, 2001). 유럽 정책의 하나로 Nitrate Directive (EC, 1991)은 모든 지역에서 ha당 연간 170 kg의 분뇨 사용 한계를 규정하였다.

**2. 네덜란드 낙농의 양분관리**

초지 기반의 축산은 전 세계적으로 중요하다(Rotz *et al.*, 2005). 유럽에서 농지의 1/3은 초지이다(Smit *et al.*, 2008). 북서유럽에서 대부분의 축우 시스템은 분뇨와 화학비료를 통한(Aarts, 2000) 고수준 질소(N)로 초지의 집약 이용으로 특징지어진다. 초지와 작물은 질소 투입을 효율적으로 사용하지 못한다. 일반적으로 시용된 질소의 50% 이상은 식물에 의해 분해되지 못하고(Tilman *et al.*, 2002; Robertson and Vitousek, 2009), 지하수와 지표수의 품질을 저하시키는 잠재적 환경 오염원이 된다. 네덜란드에서 분뇨로부터 영양소 손실을 줄이기 위한 법률은 1984년부터 시작되었다. 1998년에 영양소 균형을 위해 MINeral Accounting System (MINAS)가 도입되어 환경으로 영양소 배출을 억제하는 중심 수단으로 사용되었다(Henkens and Van Keulen, 2001; Schroder *et al.*, 2003).

가장 효과적인 수단은 농장 생산 가축분뇨의 사용 증가를 통한 무기 비료(inorganic fertilizer) 사용 감소와 작물 배치(옥수수에서 풀로)와 적용 시기의 개선을 통한 효율성 제고였다(Oenema, 2013). 그러나, 2003년에 유럽 법원은 MINAS를 EU Nitrate Directive 표준을 충족하는 정책수단으로 인정하지 않았다. MINAS는 2006년에 모든 작물에 대한 허용 질소 비율(소위 application standard, 시용 표준) 도입에 의한 일방 입력법(one-sided input approach)으로 대체되었다(Schroder and Neeteson, 2008). 작물에 질소 시용 기준의 도입과 함께 네덜란드는 낙농에 있어 규제 완화를 요구하였다(Schroder and Neeteson, 2008). 과학적으로 보강된 완화요구에서 70% 이상 초지 사용 농가는 ha당 연간 170kg 분-질소(총) 대신에 최대 250kg이 허용된다; 이는 EC에서 2006~2009년과 2010~2014년 기간 동안 수락되었다. 완화요구에서 가축당 배출 질소 기준, 분뇨 질소의 질소 비료 대체 가치 및 초지와 옥수수 경작지 질소 시용 기준(ha당 식물 가용 질소 kg)이 포함되었다. 네덜란드에서 농지의 60% 이상이 낙농에 사용된다. 초지는 가장 중요한 사료 자원이다. 비용을 최소화하면서 정부 정책을 따르기 위해 낙농가는 영양소 관리를 개선하는 적시, 적질, 정확한 정보가 필요하다. 양분 사용효율을 높이고, 손실을 낮추기 위한 가능성 탐색을 위해 시스템 모델링과 시스템 실행의 조합인 프로토타이핑 실험목장 ‘De Marke’(Aarts *et al.*, 1992)이 활용되었다.

**3. 네덜란드 낙농 실험목장 De Marke**

네덜란드 낙농의 도전 요인은 깨끗한 환경, 매력적인 경관, 가축 건강, 안전한 식품, 가격경쟁력 있는 제품생산이다. 1980년대 낙농의 가장 큰 문제점은 N과 P의 누적이었

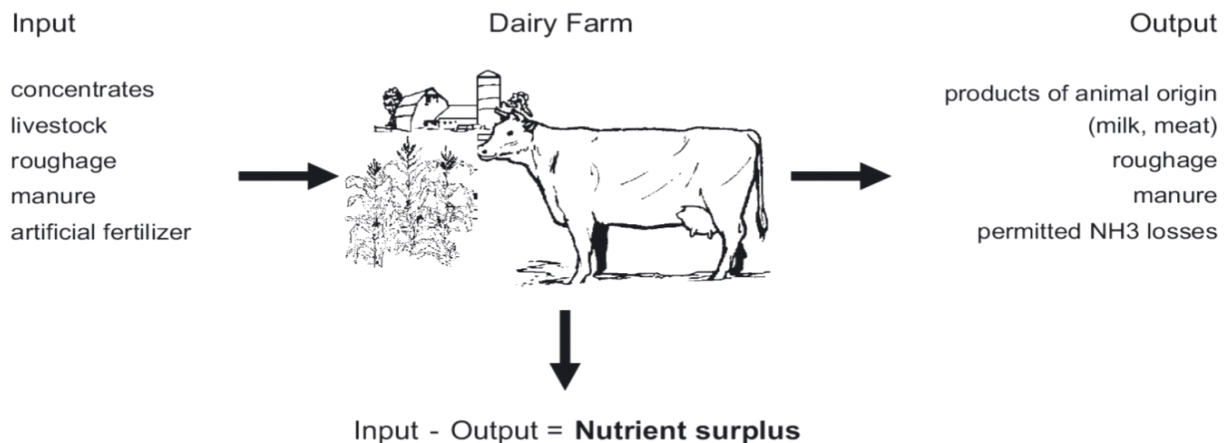


Fig. 1. Inputs and outputs considered in the MINAS nutrient accounting system, expressed in kg N and kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per year (Oenema, 2013).

### Challenges of dairy farming The Netherlands



- ✿ A clean environment
- ✿ Attractive landscape
- ✿ Animal Health
- ✿ Safe food
- ✿ Affordable (cheap) products

### Problem of dairy farms in the mid eighties: high N and P surpluses

Mineral balances of an average dairy farm on sandy soil in the mid eighties (kg/ha/yr)

	N	P
<b>Input</b>		
Mineral fertilizers	330	15
Organic fertilizers	7	2
Concentrates	136	25
Forage (from other farms)	46	7
Deposition	49	1
<b>Total</b>	<b>568</b>	<b>50</b>
<b>Output</b>		
Milk	68	12
Cattle	13	4
<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>17</b>
<b>Input - output (surplus)</b>	<b>487</b>	<b>33</b>

### Goals De Marke and C&O

- Ammonia : -70% with regard to 1980 = max 30 Kg N/ha
- Nitrate : EU-guideline = 50 mg/l in groundwater
- Phosphorus : no accumulation
- Greenhouse gasses : 30% reduction with regard to 1990
- Energy-usage : neutral (produce as much as consumed)

### De Marke: Index number

- ✿ ±85 dairy cows
- ✿ ±50 head of young stock
- ✿ 55 ha, dry sandy soil
- ✿ 720.000 kg milk, 4,33% fat

→ 13.000 kg/ha  
± 9000 kg/cow

### Fertilisation

- ✿ Enough slurry store
- ✿ Attuning to demanding of crop
  - Slurry application
  - After-effects of old sward or green manuring
  - Fertiliser recommendation programme necessary
    - Desired N level
    - Optimum cut yields
- ✿ Accurate spreading
- ✿ Stop in time

**160 g crude protein in grass-silage = Optimum**



Applying slurry, NH3 emission low, in the growing season

### Result of 15 years mineral-management

	Surplus in kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Average NL, 1995		359	89
Average NL, 2010		195	24
		-46 %	-73 %
Pioniers 2010		141	13
		-60 %	-85 %
De Marke 2010		61	1
		-83 %	-99 %

### Ammonia emission De Marke

Livestock house	10,5
Storage	0,7
Closed-slit injector	6,6
Arable land injector	0,8
Artificial fertiliser	0,7
Grazing	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>20,1 kg N/Ha</b>
Goal	30 kg

Fig. 2. Goals, key measures, and result of De Marke (from the farm manager).

다. 비료 등으로 투입되는 N과 P는 각각 568과 50 kg/ha/yr 인데 반해, 우유 등으로 생산되는 N과 P는 각각 81과 17 kg/ha/yr로 잉여되는 N과 P는 ha당 연간 487과 33 kg이었다. De Marke는 영양소 요구를 최소화하고, 자가 생산 사료와 유기 분뇨내 영양소 사용을 최대화함으로써 비료 및 사료의 이용 개선을 목표로 하였다. 구체적인 목표로는 암모니아 배출을 1980년대 대비 70% 감소하여 최대 30 kgN/ha, Nitrate는 EU의 가이드라인에 맞도록 지하수 1 L당 50 mg 이하로 줄이는 것이다. De Marke는 55 ha의 초지와 85두의 우유를 보유하고 있으며, 유지방 4.33%의 우유를 연간 720,000 kg 생산하여 두당 9,000 kg, ha당 13,000 kg의 우유를 생산하고 있다. De Marke의 목표를 달성하기 위한 주요 수단으로써 충분한 슬러리의 정밀한 사용을 통해 질소와 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)의 잉여량(2010)은 ha당 각각 61과 1 kg으로 감소했다. 이는 네덜란드 평균(1995) 359와 89 kg에 비해 각각 83 및 99% 감소한 수치로 동기간(2010) 네덜란드 평균 감소율 46과 73%에 비해 높은 개선 효과를 나타냈다. 한편, 암모니아 배출에 있어서도 축사 10.5, 토양살포기(closed-slit injector) 6.6 등 총 20.1 kgN/ha로 목표인 최대 30 kgN/ha를 달성하였다. De Marke에서는 소 두수를 늘리면서 오염을 줄이기 위한 기술이 시도되고 있다.

## 결론

네덜란드의 집약 낙농에 의해 토양의 양분축적이 문제점으로 지적되었으며, 와게닝헨 연구센터에서는 낙농의 지속가능성 제고를 위해 모델 실험목장 De Marke를 설립하였다. De Marke에서는 균형된 양분순환(What doesn't come in, doesn't come out)을 목표로 다양한 현장기술이 연구되고 있으며, 핵심수단은 슬러리를 초지에 환원하는 것이다. De Marke에서는 55 ha의 초지를 활용하여 85두의 우유에서 연간 720톤의 우유를 생산하고 있다. 이는 ha당 13톤의 우유생산량이며, 우리나라 연간 우유생산량 200만 톤으로 환산시 약 15만 ha, 연간 우유소비량 300만 톤으로 환산시 약 23만 ha에 해당된다. 이는 우리나라 쌀 소비 감소로 발생하는 잉여 논을 활용하여 충분히 확보 가능한 수준으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Aarts, H. F. M. 2000. Resource management in a 'De Marke' dairy farming system. Ph D thesis. Wageningen University. Wageningen. pp.222.
2. Aarts, H. F. M., Biewinga, E. E. and Van Keulen, H.

1992. Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Neth. J. Agric. Sci.* 40:285-299.
3. Bieleman, J. 2005. Technological innovation in Dutch cattle breeding and dairy farming. 1850-2000. *Agric. Hist. Rev.* 53:229-250.
4. Cartwright, N., Clark, L. and Bird, P. 1991. The impact of agriculture on water quality. *Outlook Agric.* 20:145-152.
5. Chandre Gowda, M. J. and Jayaramaiah, K. M. 1998. Comparative evaluation of rice production systems for their sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69:1-9.
6. De Clercq, P., Gertsis, A. C., Hofman, G., Jarvis, S. C., Neeteson, J. J. and Sinabell, F. 2001. Nutrient management legislation in European Countries. Wageningen Pers, The Netherlands. pp. 347.
7. De Koeijer, T. J., Renkema, J. A. and Van Mensvoort, J. J. M. 1995. Environmental-economic analysis of mixed crop-livestock farming. *Agricultural Systems* 48:515-530.
8. De Wit, J., Oldenbroek, J. K., Vankeulen, H. and Zwart, D. 1995. Criteria for sustainable livestock production - a proposal for implementation. *Agriculture Ecosystems & Environment* 53:219-229.
9. EC. 1991. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). European Commission, Brussels. pp. 1-8.
10. Erisman, J. W., Bleeker, A., Galloway, J. and Sutton, M. S. 2007. Reduced nitrogen in ecology and the environment. *Environ. Pollut.* 150:140-149.
11. FAO. 2005. Cattle ranching and deforestation. *Livestock Policy Brief 03. Animal Production and Health Division*, FAO, UN.
12. FAO. 2012. The state of food and agriculture. FAO, UN.
13. Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., Martinelli, L. A., Seitzinger, S. P. and Sutton, M. A. 2008. Transformation of nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320:889-892.
14. Hanegraaf, M. C., Biewinga, E. E. and Van der Bijl, G. 1998. Assessing the ecological and economic sustainability of energy crops. *Biomass & Bioenergy* 15:345-355.
15. Henkens, P. H. and Van Keulen, H. 2001. Mineral policy in the Netherlands and nitrate policy within the European

- Community. *Neth. J. Agric. Sci.* 49:117-134.
16. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLEN&PA=7425ENG&D1=0,3-9&D2=155,168,181,194,207&LA=EN&VW=T>
  17. Karl, T. R. 2003. Modern global climate change. *Science* 302:1719-1723.
  18. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. 2010. Facts and Figures. pp. 36-53.
  19. Nierenberg, D. and Garces, L. 2004. Industrial animal agriculture - the next global health crisis?. World Society for the Protection of Animals, London.
  20. Oenema, J. 2013. Transitions in nutrient management on commercial pilot farms in the Netherlands. Ph D thesis. Wageningen University. Wageningen. pp.222.
  21. Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T. and Burton, M. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics* 39:463-478.
  22. Robertson, G. P. and Vitousek, P. M. 2009. Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34:97-125.
  23. Rotz, C. A., Taube, F., Russelle, M. P., Oenema, J., Sanderson, M. A. and Wachendorf, M. 2005. Whole-farm perspective of nutrient flows in grassland agriculture. *Crop Sci.* 45(6): 2139-2159.
  24. Sands, G. R. and Podmore, T. H. 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79:29-41.
  25. Schroder, J. J. and Neeteson, J. J. 2008. Nutrient management legislation in The Netherlands. *Geoderma.* 144:418-425.
  26. Schroder, J. J., Aarts, H. F. M., Ten Berge, H. F. M., Van Keulen, H. and Neeteson, J. J. 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *Eur. J. Agron.* 20:33-44.
  27. Smit, M. C. J., Monteny, G. J., Oenema, J. and Aarts, H. F. M. 2000. Monitoring ammonia emissions on dairy farms in the framework of Dutch nutrient policy. In: K. Amaha & K. Ichito (Eds.), *Proceedings of the 2nd Dutch-Japanese Workshop on Precision Dairy Farming.* Nishinasuno. Japan. pp.81-89.
  28. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylo, R. and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677.
  29. Tzilivakis, J. and Lewis, K. A. 2004. The development and use of farm-level indicators in England. *Sustainable Development* 12:107-120.
  30. Webster, P. 1999. The challenge of sustainability at the farm level: Presidential address. *Journal of Agricultural Economics* 50:371-387.
  31. Wijffels, H. H. F. 2001. Toekomst voor de veehouderij: agenda voor een herontwerp van de sector. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, The Netherlands.
  32. Zinck, J. A., Berroteran, J. L., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S. and Van Ranst, E. 2004. Approaches to assessing sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 23:87-109.
  33. 함준상, 김현욱. 2013. 한국 낙농생산체계의 개선에 관한 연구. *학술원논문집* 52(1):1-23.

---

(Received 7 July, 2014 / Accepted 7 August, 2014)