

소변, 흑색수, 회색수 및 진흙의 처리와 재이용

—

배설물중 영양분의 재이용

Håkan Jönsson

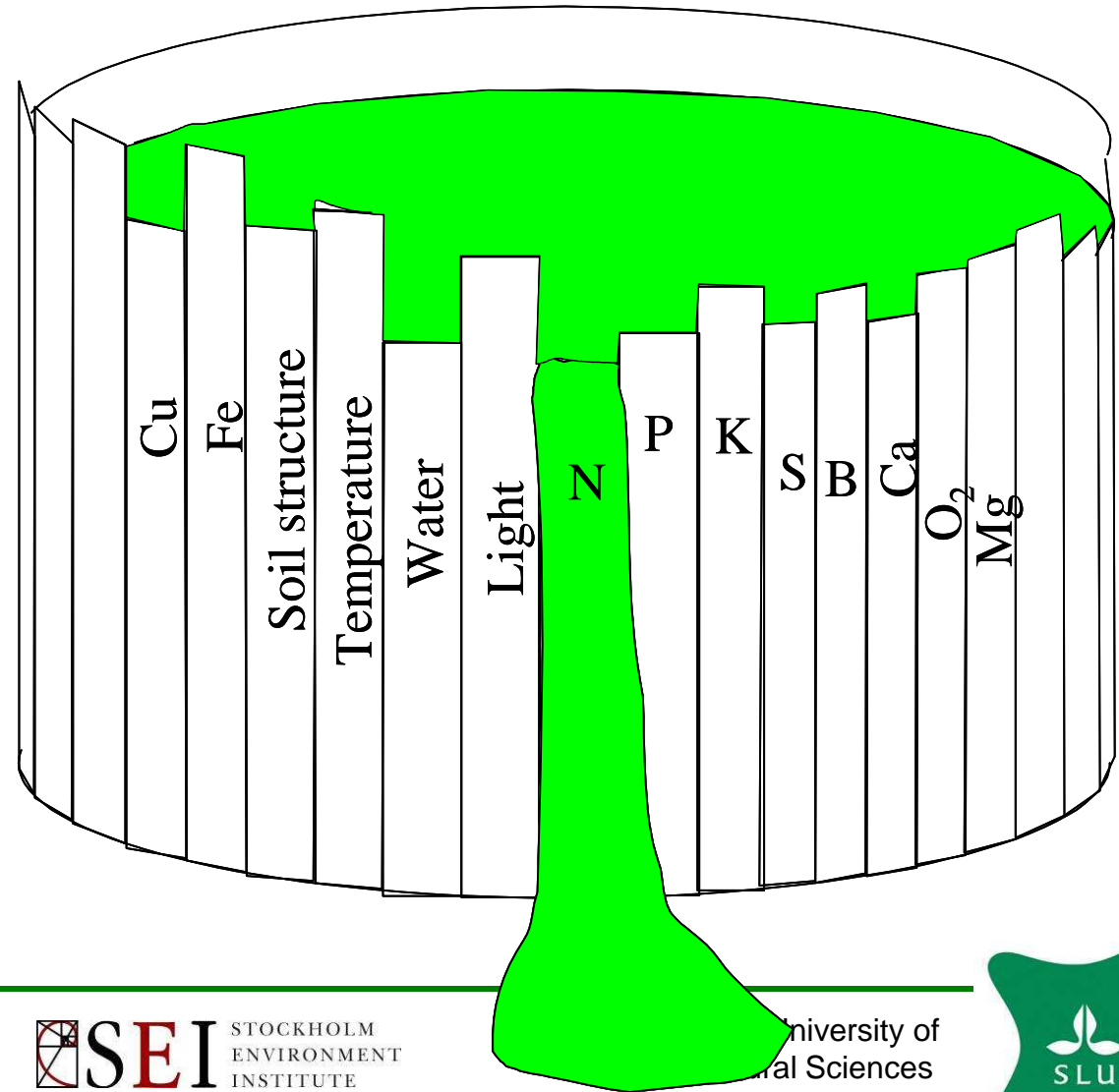
Professor, Environmental Engineering

EcoSanRes, SEI & SLU

Hakan.Jonsson@sei.se

식물 생장의 요구

- 식물의 생장은 많은 물질을 필요로 합니다!
- 가장 적합한 량과 비례를 갖추어야 합니다!
- 제한 인소가 생산량을 결정합니다

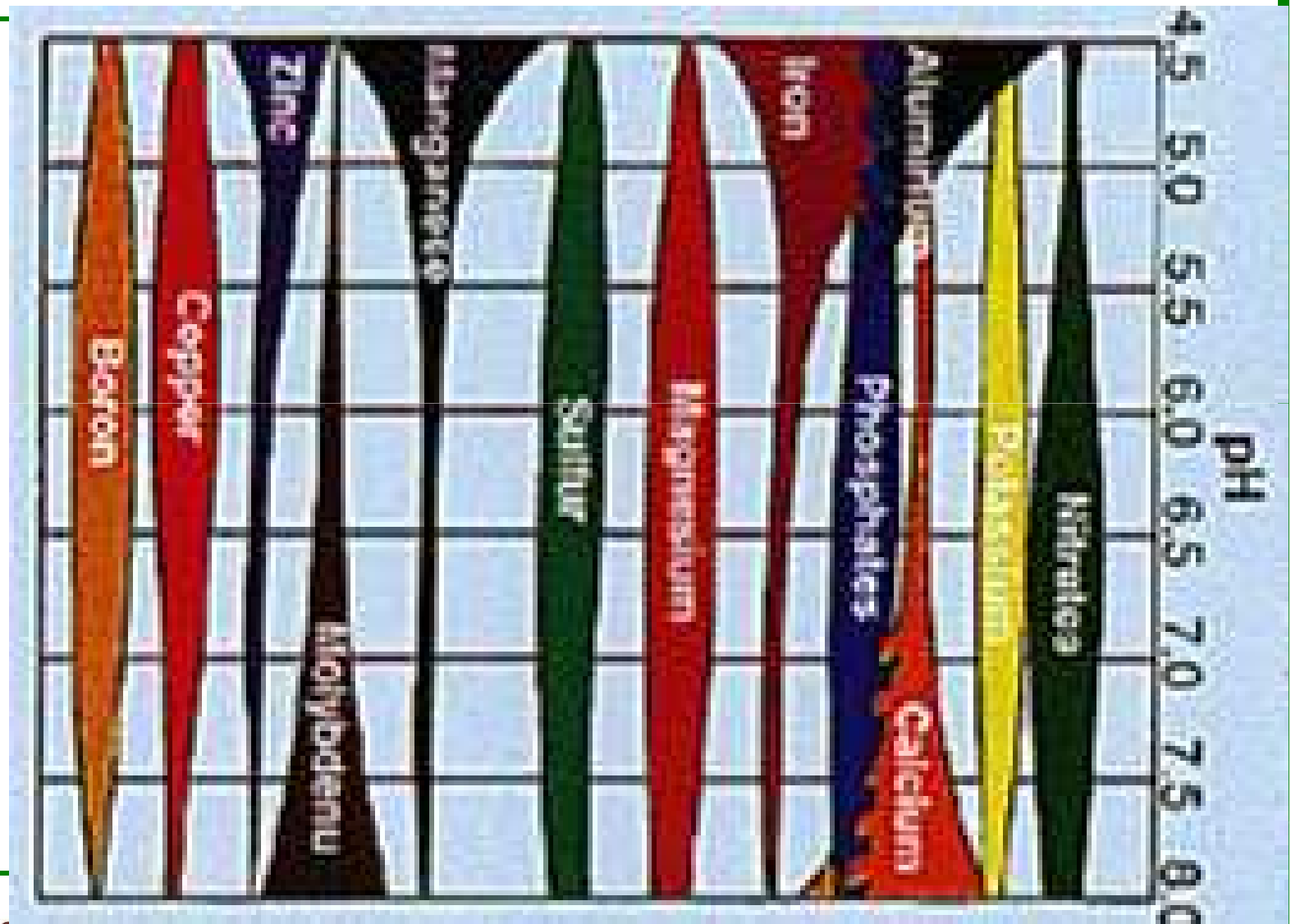


생산량에 영향주는 인소

- 물
- 온도
- pH
- 다량 원소
 - N - 가장 자주 보는 제한 원소
 - P - 다음으로 자주 보는 제한 원소
 - K, S, 미량 원소도 제한 인소로 될수 있습니다
- 제한 작용이 가장 큰 물질이 제한인소!
 - 원소가 제한작용이 없으면 비료를 주는것은 소용이 없습니다!!

pH vs 영양소의 가용성

최적범위
6-7

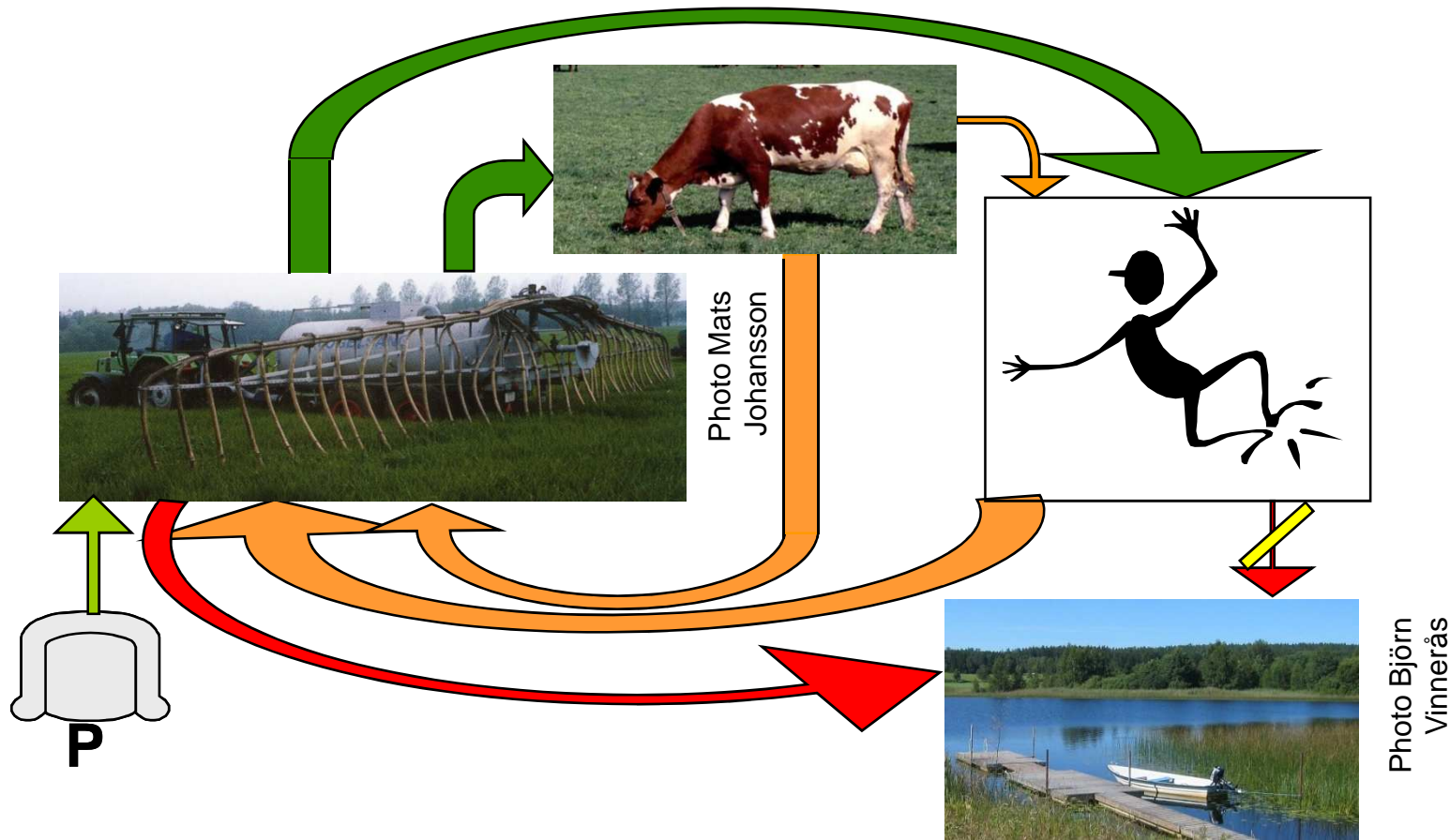


영양의 흡수

- 유기물질이 아닌 이온의 형식으로 흡수
 - N는 NO_3^- 이나 NH_4^+ 형식으로
 - NH_4^+ 은 정상적인 토양에서 몇일 지나면 NO_3^- 로 전화됩니다.
 - P 은 PO_4^{3-} 의 형식으로, 주로 HPO_4^{2-} 와 H_2PO_4^- 의 형식으로
 - K 는 K^+ 형식으로
 - S 은 SO_4^{2-} 와 HSO_4^{2-} 형식으로

사람을 거친 물질 평형

모든 식물 영양소는 끝없이 순환됩니다



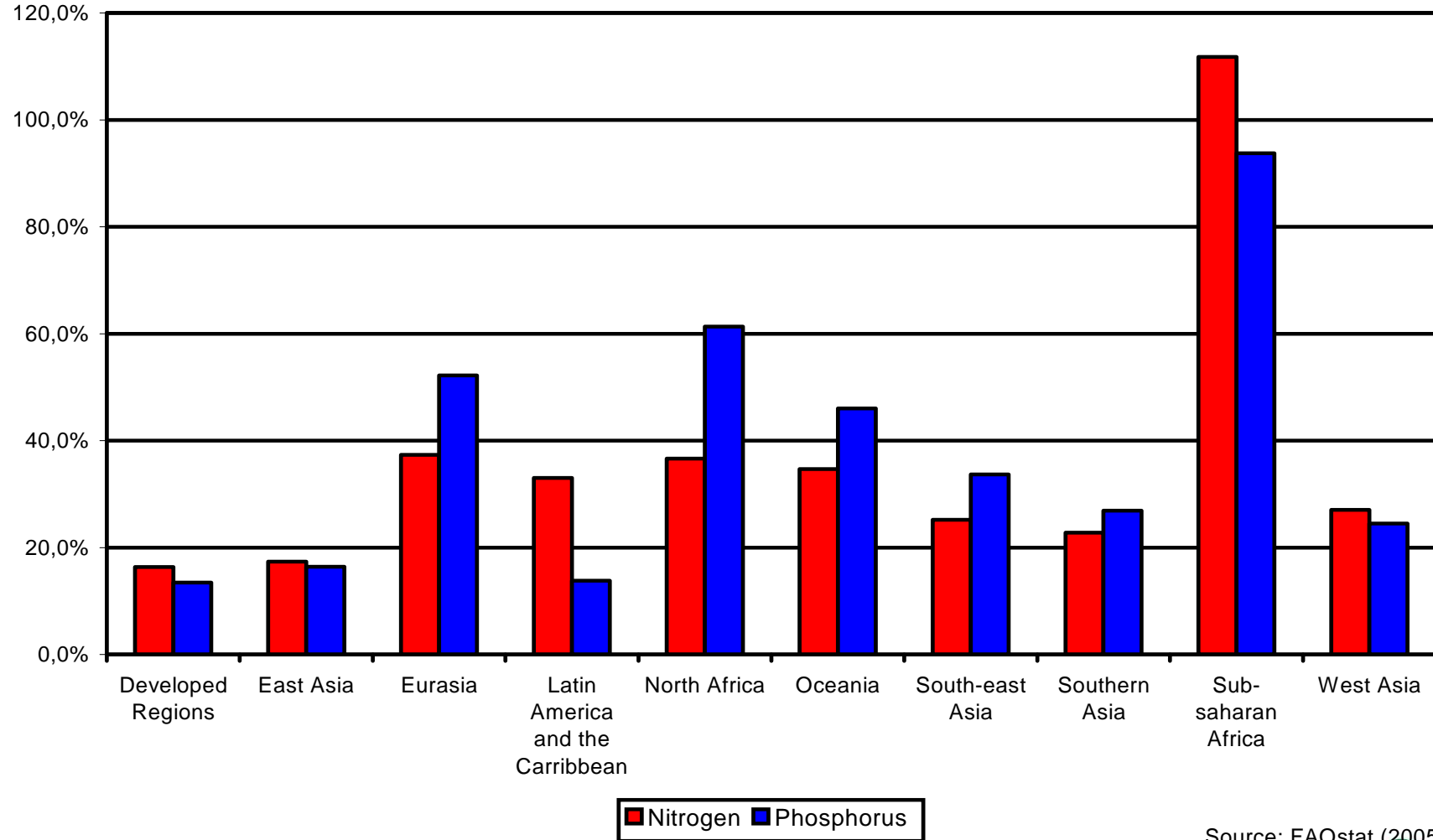
NPKS뿐이 아님 → 보다 낮은 정도의 토양
악화, 보다 적은 토양 분석

도시비료중 화학비료와 관계되는 성분

생산물	N	P	K
소변	20%	20%	26%
흑색수 (소변+분변)	20%	31%	36%
무역 & 음식, 음료 폐기물	0%	1%	2%
이상 + 주방 폐기물	1%	10%	12%
흑색수 + 생물 폐기물	22%	41%	47%

이미 사용된 상업용 비료중 재활용 가능한 N & P 의 %수

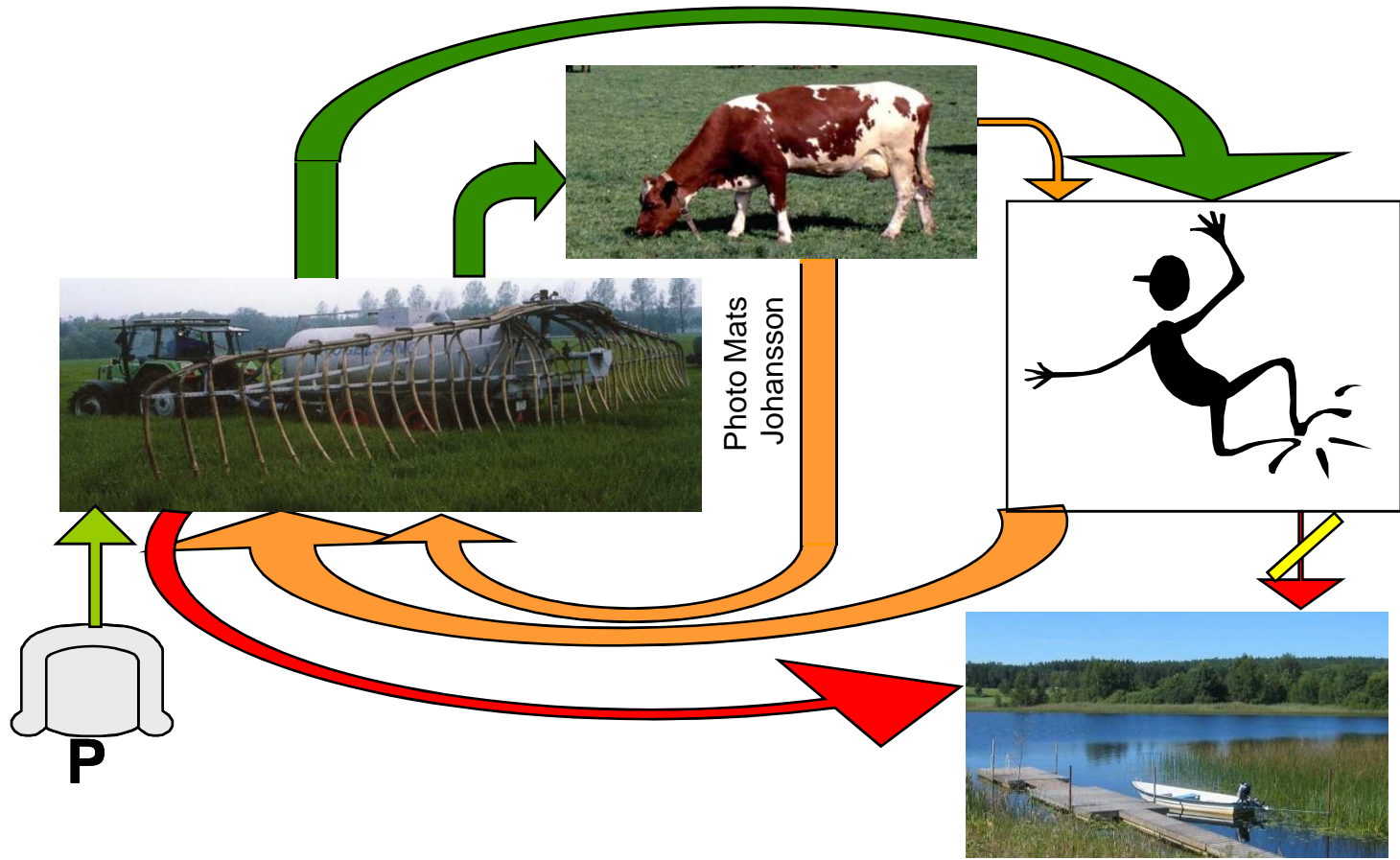
상업용 N & P 중 재활용 가능한 N & P %수



Source: FAOstat (2005)

사람을 거친 물질 평형

음식의 엄격한 통제 ⇒ 배설물의 보다 낮은 화학적 위험



광물질 비료, 제초제, 살충제 등을 의약품과 비교

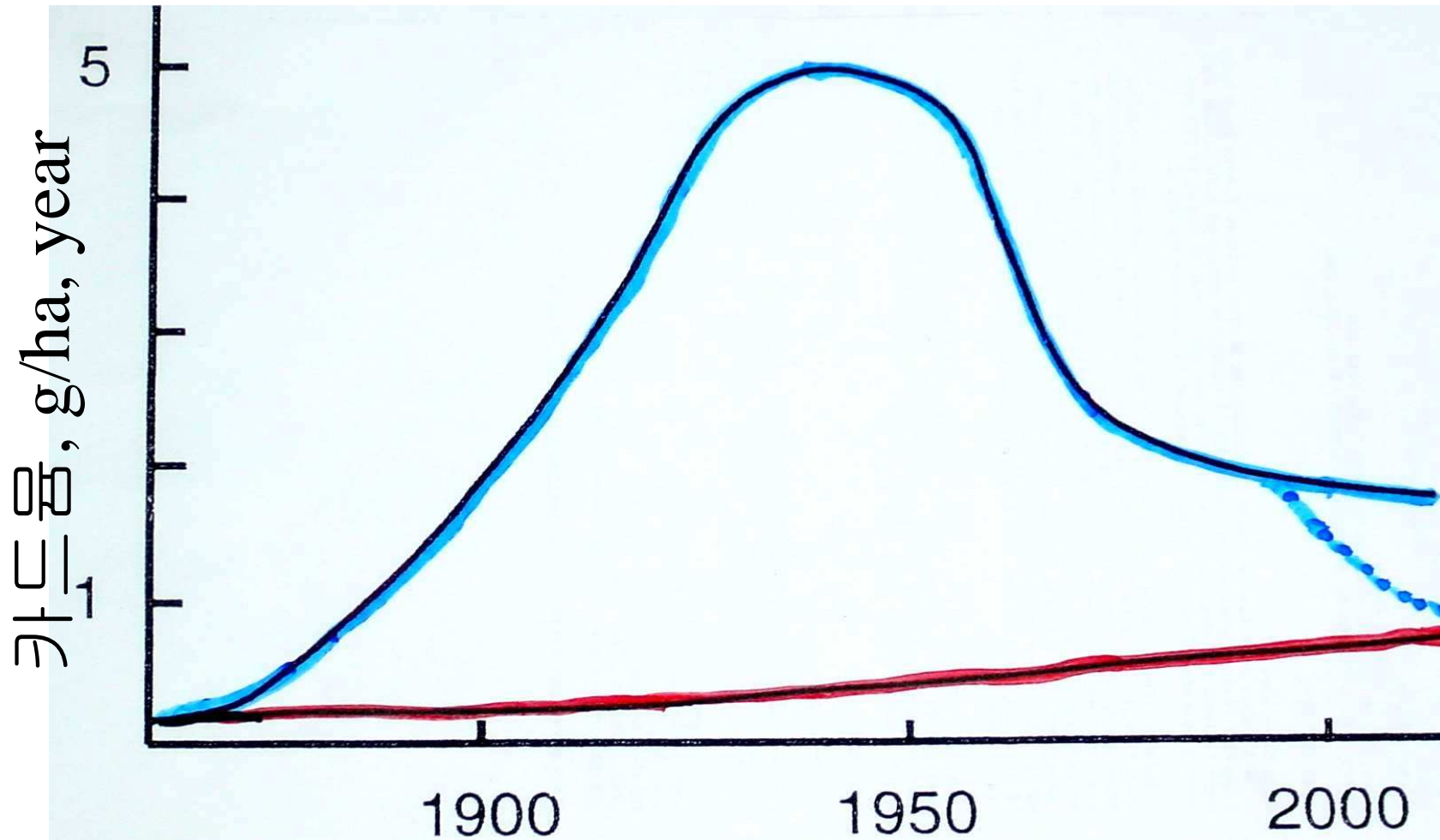
Cd(카드뮴) 큰 우려

- EU는 최근 일당 한정 섭취량을 65%로 낮추었습니다 - “유럽 성인의 TWI 평균 포광률은 $2.5 \mu\text{g}/\text{kg b.w.}$ 에 접근하거나, 조금 초과합니다. 채식주의자, 아동, 흡연자 및 고도로 오염된 지역에 거주하는 사람들의 포광률은 2배를 초과합니다.” 유럽 식품 안전 당국(EFSA) 2009-01-30

2-3x 레벨의 스웨덴 밀중 Cd(카드뮴)의 레벨 1920

- 농업용 토양중에서의 레벨은 1900년대에 33%증가 하였습니다.
- 0.03%-0.1%의 비료 축적 제외.

스웨덴 토지에서의 카드뮴(Cd)의 방출 과 제거



P-광물질속의 카드뮴

Mineral origin	Cd mg/kg P	Cd g/15 kg P
Human urine	0.6	0.009
Cadmiumfree chem. fert	5	0.075
Palfos, South Africa	0.9	0.014
Khourigba, Morocco	113	1.70
Youssofia, Morocco	274	4.11
Texas, USA	278	4.17
Gafsa, Tunisia	380	5.70
Sewage sludge	30-40-500	0.45-7.5
Ecological cattle manure	16	0.24
Removal wheat, Sweden		0.6

N광물질 비료상품의 생산

- 글로벌 생산량은 1.2%의 에너지 소비와 1.2%의 온실 기체 배출량을 차지 합니다
- 천연 가스의 주요 래원
- 가난한 농민들이 사용하기에 적합하지 않습니다 (너무 비쌉니다)

P 광물질 비료상품의 생산

- P비료의 생산은 린산염 사용의 80% 차지합니다
- 124년 보유할수 있습니다(당시 가격으로 추출된 부분)
- 예비 기지(기획중 경제적으로 가능한 부분)345년
- 보다 높은 가격은 보유량을 높입니다
- Cd 오염 우려가 제기되고 있습니다
- Cd의 제거는 에너지를 수요합니다

오수 진흙의 비료가치

린 효능:

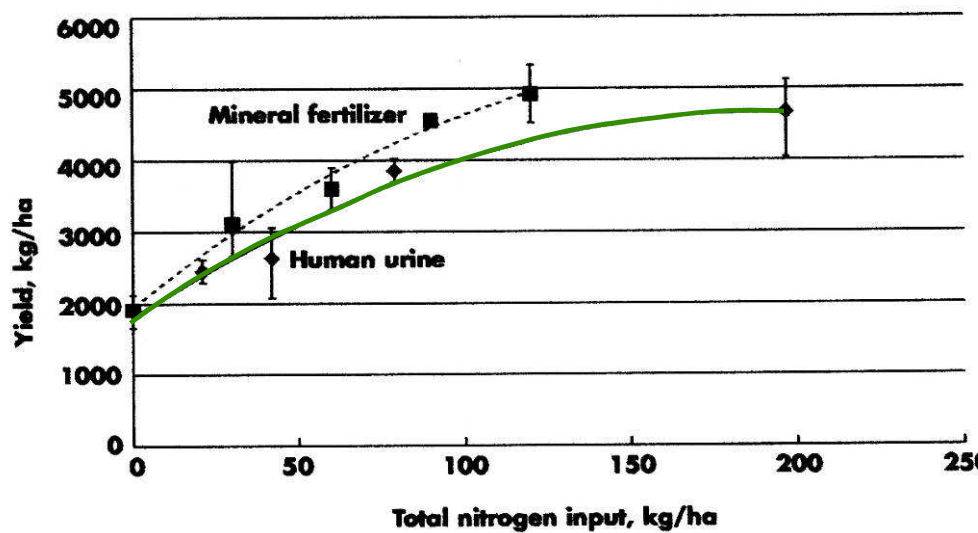
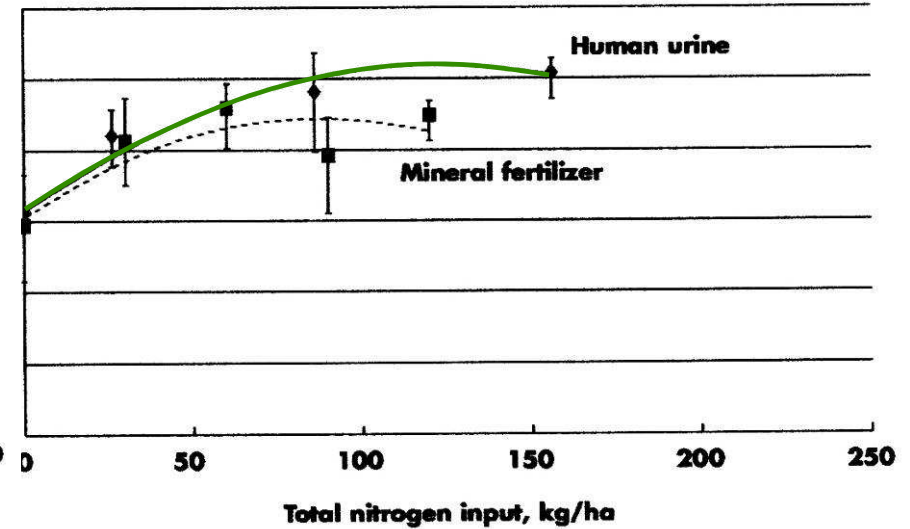
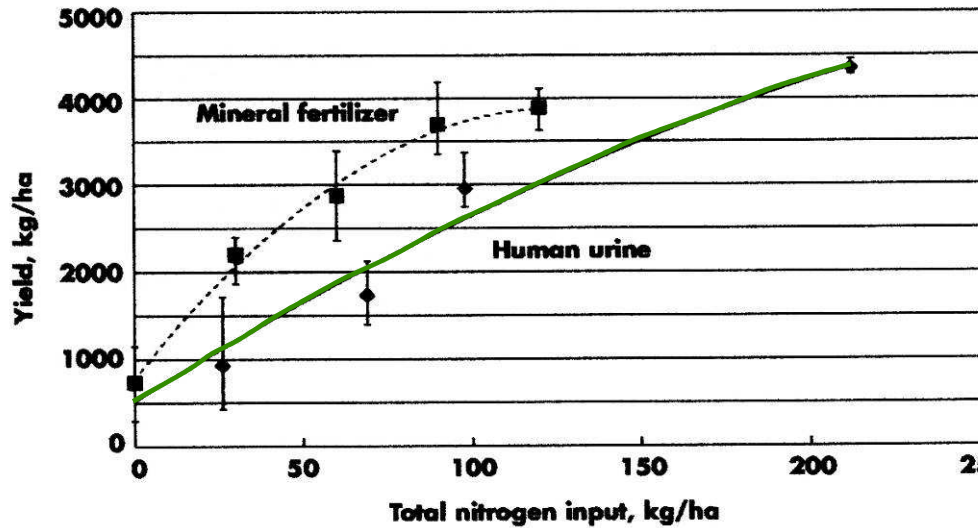
많은 시비 실험을 진행 하였습니다.

- 진흙은 린산칼슘에 못지않은 좋은 효능을 보이며 또한 이것은 칼슘이 침전된 진흙을 필요로 합니다.
- Literature studies often conclude from very varying fertilizer studies that P-availability of chemically precipitated sludge is lower than super phosphate ($\approx 70-80\%$)
- Application of high dose (7 years, 154 kg P/ha) lowers availability even more and increases risk leakage (total availability $\approx 50-70\%$).

오수 진흙의 처리

- 화학 침전법 –
 - Increases drastically amount & concentration of P, but use of iron and aluminum decreases availability.
- Dewatering –
 - Decreases drastically amount of water soluble nutrients – ammonium nitrogen, sulphur, potassium
 - Organic matter and non-soluble nutrients remain
 - Most of the heavy metals remain

소변 vs 화학비료 barlev. Sweden



After discounting for loss of ammonia:
90% effect of NH_4NO_3
Same effect as ammonium-N ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)

0/0 0/0



스웨덴의 토지 사용



스웨덴의 정원 2002



나무
울타리
와 잔디,
스웨덴
2002



Nyckelviken의 호박, 2004년 가을



비료를 안 준것



소변을 비료로 한것

퇴비에 쓰이는 흑색수

- 가정용 폐수에 함유한 거의 모든 영양분이 함유되어있다
- 높은 물 함량과 낮은 농도의 영양분
- 공중위생의 전략에 대한 요구
- 스웨덴에 있는 자주 쓰이는 시스템

퇴비 & 분변 - 소개

- **P, K** 가 풍부하고 유기물질이 풍부하다.
- 토양을 개량하는데 쓰인다
- pH를 개량하고 토양을 완충시킨다.
- 토양의 조성을 개량하고 함수률을 증가시킨다.
- 경작하기전 혼합하고 토양으로 덮는다.
- **P-비료의 분량** ↔ 토양 개량제 (low - no - 용량이 너무 많으면 중독될 위험이 있다)
- 충분함 **1.5-300 m²/인, 년.**
- **위생 지도 방침을 따름** - 분변은 사용되기전에 무해화처리를 거쳐야 한다.처리를 거치지 않고 쓰면 절대 안된다.



Photo: Peter Morgan



소변 & 퇴비/분변 비료

- 서로 보충한다
 - 소변은 N가 풍부하고 효과가 빠르다.
 - 분변은 효과가 늦고 P, K 와 유기물이 풍부하다.
- 오염이 없다- 인체의 물질 평형
- 둘다 완벽한 비료다- 큰것 + 미소한 것
 - 토양에 대한 분석을 줄이다
- 재활용, 오염을 최소화 & 곡물을 지속적으로 재배할 수 있다



Photo: Håkan Jönsson



Photo: Andreas Knapp

고려할 때 조직과 제도가 중요함 - 스웨덴의 실례에 대한 연구

왜서 광물질 비료로 대체한 두 시스템이 실패 했는가?

- 체적이 작음
- Require additional fertilisation strategy
- More expensive compared to mineral fertiliser spreading
- Risk for soil compaction in spring
- No access to suitable spreader



시스템은 어떻게 개량 되는가?

- 조정자가 지식을 가지고 있고 농업방면에 흥취가 있으면 유리하다.
- 지방 차치제에서 식물영양 분석하여야 한다.
- 시설 펼치기가 적합하여야 하며 적합한 조작 순서가 있는것이 중요하다.
- An arena for participation is needed e.g. annual meeting with all involved where the cooperation is enhanced
- The entrepreneurship is often more interesting for the farmers than the fertiliser value
- Minimize the number of stakeholders

결론

- 여러가지 도시의 비료중의 재생성 영양물질
- 수집과 재리용은 부영양화를 방지하고 폐수가 매립지에 섞이는것을 감소할수 있다!
- 도시 비료는 완벽한 비료다 - 토양관리를 간소화 한다
- 소변,분변과 생물쓰레기는 서로 보충해서 퇴비한다.
- 소변은 범위가 제일 크고 제일 깨끗한 영양분의 원천이다
- 변소와 쓰레기를 원천에서 분리- 미래의 기술, SEPA 10% on site 2015, NASA, ESA