

지속적인 농업생산 위한 자연자원보존

보 호 농 업

(불경-피복-직파농업)



주체 94 년

This designations employed and the presentation of material in the information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

토지는 우리 세대뿐만 아니라 후손
만대의 번영을 위한 귀중한 재부
입니다...

토지보호사업을 잘하여야 토지를
잃어버리지 않고 대를이어 효과적으로
이용할수있습니다.

김정일

머 리 말

전통적으로 내려오던 20cm 갈이농업은 땅을 점차적으로 퇴화시키고 강과 호수를 오염시키며 황사와 같은 먼지구름을 산생시키는 원인으로 된다는것을 인식하면서부터 세계는 변천되는 환경에 맞게 토지자원을 보존하면서 앞으로 세대들까지 안전하게 지속적으로 농사할수 있는 새로운 농사방법인 피복농업, 보호농업으로 지향하고 있다.

보호농업의 우월성을 생산자대중이 직접 느끼면서 이 농사체계를 이론적으로나 방법에서 하나의 혁신으로 인정하고 널리 소개선전되고 있는 지금 기후조건과 토양조건에 관계없이 여러가지 방법으로 다양하게 광범히 진행할것을 요구하고 있다.

이 책에는 보호농업의 개념과 원리, 새로운 농업체계에 의하여 개선되는 토양지표들에 대하여 직관적으로 설명하였으며 생산자대중이 직접적으로 얻게 되는 사회경제적리익측면을 강조하는 한편 일부 나라들의 경험과 실패를 주었다.

차 례

1. 보호농업개념과 내용체계

- 1) 지속적인 농촌개발을 위한 보호농업개념
- 2) 보호농업의 경제적인 이익
- 3) 보호농업의 필요성
- 4) 보호농업적용 방법
- 5) 전통농업과 보호농업사이 차이
- 6) 보호농업실행을 위한 단계별 내용

2. 보호농업에서 개선되는 토양지표들

- 1) 토양유기물 함량
- 2) 토양습도
- 3) 농기계에 의한 땅다짐

3. 세계적인 보호농업실태

1. 보호농업개념과 내용체계

1) 지속적인 농촌개발을 위한 보호농업개념, 기본요소

보호농업은 모든 농작물, 토양 및 기후조건들을 다 포괄하는 전체적이며 종합적인 체계이다.

보호농업이란? - 땅을 갈지 않고 토양을 최대한 파괴하지 않는 직파기계로 파종하면서 곡짚이나 록비작물재배로 토양을 영구적으로 피복하는 동시에 그루바꿈을 합리적으로 하면서 자체보호능력을 가진 토양의 특성을 최대한 발휘하게 하는 생물학적갈이농업이다.

보호농업은 토양, 물, 생물질의 종합적관리를 통하여 자연원천을 보존하고 효과적으로 리용하며 토양자체의 특성을 계속 유지보강하게 하는 지속적인 농업이다.

보호농업을 구성하고 있는 3 가지 기본요소 ;

- 곡짚피복
- 불경 및 작물직파
- 작물 그루바꿈

보호농업에서 서로 함께 진행되는 이 세 가지 원리와 실천은 갈지 않다.

지대와 조건에 관계없이 재배하고 있는 알곡작물과 그루바꿈형식에 맞게 생산 진행틀이 이 3 가지 기본요소를 이루게 보장하면 된다.

이 3 가지 구성부분은 토양지력과 환경보존을 가장 좋게 유지하는 종합적인 지표로 인정된다.

전통적인 갈이농업의 약점을 극복하고 생산원가를 절약하면서도 생산성을 높이고 환경을 보호하는 보호농업의 목적과 우월성으로 하여 유엔식량 및 농업기구는 이 농사방법을 하나의 농업혁명이라고 부르고 있다.

보호농업은 지금까지 농업활동과정에 4 번째로 되는 갈이혁명이다.

첫번째 : 원시적인 경작법(씨앗만 떨구고 가을에 가서 열매줍는 방법)

두번째 : 원시적인 경작법으로부터 전통적인 축력에 의한 밭갈이

세번째 : 축력갈이로부터 전통적인 기계갈이

네번째 : 전통적인 반전갈이로부터 보호갈이, 불경으로 전환

전통농업은 축력보습으로부터 기계보습의 도입으로 하여 농작물생산 능력은 대단히 높아진 반면에 먼지바람, 강물오염, 토양침식 등과 같은 많은 문제들을 산생시켰으며 높은 생산투자비는 더욱 더 높아지게 되었다.

전통적인 갈이법이 문제로 되는것은 이 방법이 사람의 의사에 따라 자연을 변경시키지만 자연의 능력을 리용하거나 보호하지는 못한다는것이다.

전통적인 작물재배를 위하여 보습으로 토양구조를 부단히 파괴해 버리는 동시에 토양피복재료를 갈아엎게 되며 생물상의 유리한 환경을 자주 변경시키므로 토양자체의 보호능력을 잃게 하여 쉽게 침식되게 한다.

보호농업은 자연의 능력자체를 그대로 리용하여 농업투자를 줄이고 생산과정에서도 토양과 환경을 보존함으로써 대대로 안전하게 농사할수 있는 튼튼한 토양으로 만드는 21 세기의 농업혁명이다.



강냉이 꼭질피복후 가을밀 불경직파 (황주군 룡천농장)



겨울동안 강냉이곡짚피복후 강냉이불경직파(평양시 삼석구역 성문농장)

2) 보호농업의 경제적리익

보호농업에 기초한 농사체계는 일반적으로 농민들과 사회를 위한 사회 경제적리익뿐 아니라 환경개선에 큰 역할을 한다.

△ 농장의 직접적 리익

① 토양관리가 개선된다.

- 토양지력개선
- 토양구조 개선
- 토양침식 줄어듦
- 물리용률을 높িয়ে 물을 절약
- 토양생물순환 개선

② 농업생산이 높아질뿐아니라 다양해 진다.

- 안전하며 지속적인 식량생산을 담보
- 단작, 두벌농사형의 다양한 재배방식 도입

③ 노동력과 생산원가비용을 대폭 줄인다.

- 농민들의 농업활동이 다양해지며 경제적리익이 안정할뿐아니라 증가되며 전통적으로 해오던 손로동과 로동공정이 줄어들어 비용이 적게 들게 된다.
- 지력이 높아 지는데 따라 토양에 대한 비료시비량이 줄어들게 된다.

△ 보호농업에서 환경 및 기타리익

① 물자원 보존

- 땅속물층이 계속 보장되며 우물의 물수위가 안정하게 유지되고 강물과 시내물이 계속 흐른다.
- 물리용과 관련한 비용이 줄어든다.

② 환경오염문제가 줄어들는다.

- 화학비료, 농약투입이 줄어든다.
- 연료소비가 줄어든다.

③ 생물다양성 보존

- 농장과 생태계의 조화와 융합이 개선된다.

④ 경지면적의 사막화가 줄어든다.

- 물리용률이 높아진다.
- 토양지력이 높아진다.
- 토양생물의 활성이 높아진다.

⑤ 지구온난화를 줄인다.

- 최소갈이, 령갈이도입과 트랙포르 가동시간을 줄이고 작물피복에 의한 토양탄소보존을 늘임으로서 대기중의 CO2 방출을 줄인다.



3) 보호농업의 필요성

- 토지보존 및 지력제고

토양에 곡짚이나 록비로 1 년내내 피복하면 바람이나 비물로 인한 토양침식을 방지할수 있으며 토양수분이 날아나지 않게 하여 가뭃시기에 농작물에 필요한 습도를 보장하며 토양동물들 특히 지렁이가 많아져 땅을 걸어 지게 한다.

직관적으로 말한다면 토양에 피복한 곡짚은 햇빛, 추위, 기타 외적인 손상으로부터 몸을 보호하기 위한 사람의 옷이나 같다.

사람이 옷을 입지 않고 4 계절을 산다고 가상하면 어떤 징후가 나타나겠는지? 토양도 마찬가지다. 지금과 같은 전통방법으로 계속 농사하면 비옥한 걸층토양은 센 바람과 비물에 날리고 씻기위 나중에는 걸썩데기만 남을것이다.

해마다 생산되는 곡짚을 100% 제땅에 피복하게 되면 토양부식함량이 증가된다.

자료에 의하면(중국) 해마다 보호농업으로 6 년간 피복을 하여 토양 부식함량이 0.4-0.5% 올라갔으며 반대로 피복하지 않고 전통농업으로 1 세기이상 농사한 결과 토양부식함량이 1-1.5% 감소되었다고 한다. (오스트랄리아)

- 소출개선

보호농업은 농작물소출을 높인다.

농작물생육기간에 필요한 습도를 보존하면서 비료효과를 높이는 동시에 곡짚피복이 잡초성장을 억제함으로써 10-30%정도의 알곡소출을 높인다. 물론 3 년전에는 효과가 미미하지만 그 이후부터는 토양도 절대적으로 좋아지고 김발생도 적어 전통농업보다 높은 소출을 내게 된다.

- 원가절약

보호농업과 전통농업에 비해 볼때 모판만들기, 모키우기, 옮겨심기, 씨레, 가을하여 단을 묶어 탈곡하는 작업공정과 비용을 줄인다.

가뭄철에 양수설비를 통한 관수체계와 회수를 줄이며 종전에 전통적으로 진행하던 퇴비만들기공정이나 실어 날라 포전까지 이르는 전 과정을 필요로 하지 않으므로 많은 로력과 자재와 기름을 절약하게 된다.

해마다 루적되는 곡질은 썩어 토양의 부식함량을 점차적으로 높여줌으로써 가동성질소, 린, 카리를 비롯한 영양성분을 개선하여 그만큼 비료를 통해 작물에 주게 되는 영양을 줄이게 한다.

30 년이상 보호농업을 도입한 브라질에서는 현재 강냉이재배에 비료를 30%, 콩농사에서는 종전의 50%를 줄이면서 소출은 더 많이 내고 있다.

- 환경보존

땅을 계속 갈아 얹으면 미세한 토양알갱이가 위로 올라오며 이것은 센 바람이 불면 날아 가고 집중강수에 씻겨 강으로 내려 가게 된다.

겉층토양 1 mm가 생성되는데는 100 년이라는 력사가 걸린다고 할때 한해에 심한 지대에서 2.5m 정도 겉층토양이 날아 가는 중국북부지대는 심각한 사회경제적문제로 제기되고 있다.

우리 나라와 같이 산지가 80%로 되어있고 게다가 강냉이밭의 대부분이 그릉지대에 위치하고 있는 조건에서 이와 같은 현상은 심각한 문제가 아닐수 없다.

최근에 나타나는 황사현상이나 흙비는 다 전통농업으로 땅을 계속 갈아 얹고 토양피복을 씌우지 않아 산생되는 엄중한 후과이다.

4) 보호농업적용방법

- 곡질피복, 록비재배

보호농업에서 기본은 토양피복이다.

토양피복은 수확후 나온 곡짚이라든가 록비작물을 통한 피복재배로서 보장할수 있다.

곡짚피복은 작물재배 전기간 보장되어야 한다.

과종후 곡짚피복량을 30%이하로 떨어지면 안된다.

곡짚은 토양전면에 골고루 산파되게 하며 한곳에 움켜 돌아가는 일이 없어야 직파한 다음 씨불임이 좋아지는데 피복률은 높으면 높을수록 좋다.

피복작물재배는 보호농업에서 중요하게 간주되고 있다.

주작물(강냉이)을 재배하면서 헤아리벤티치나 싹헴과 같은 과악있는 작물로 섞음재배하면 토양생물피복도를 높일뿐아니라 생물학적질소를 고정하여 농작물영양공급에도 좋다.

○ 직파

씨불임전에 포전검사를 세밀하게 하여 곡짚이 골고루 퍼져 있는가, 짚이 한곳에 쌓여 있는것이 없는가, 토양표면에 구멍이나 고랑, 흠등성이 등이 없는가를 살펴보고 만일 비정상일때에는 그것을 시정하도록 한다.

작업시작전에 농치지 말아야 할것은 종자량과 비료시비량을 직파 기계의 조절지도서대로 바로 한 다음 예비적으로 바퀴를 돌려보는 식으로 떨어지는 비료량과 종자량을 계산한다. 이때 한바퀴의 길이를 재고 바퀴회전수에 곱하면 총 파종길이에 해당되는 종자량과 비료량을 계산할수 있다.

합리적인 직파기조절은 씨불임질을 담보하는 기본문제로서 특별한 주의를 돌려야 한다.

비료는 종전보다 3-5 cm 깊이 묻는것이 좋다.

첫 줄을 파종한 다음 기계를 멈추고 파종질을 검사한다. 이때 종자와 비료의 량, 파종깊이를 검사하고 필요하면 파종기를 다시 조절하여야 한다.

○ 합리적인 그루바꿈

한 작물을 오래동안 계속 재배하면 련작피해가 나타난다. 련작피해는 토양영양성분탈취나 병해충발생을 야기시키는데 이것은 3-4 년을 주기로 곡종을 바꾸면서 재배하는 방법으로 극복할수 있다.

그루바꿈은 해당 농장조건과 지대적특성에 맞게 선택할수 있는데 2 모작형식으로

밀/강냉이/록비/강냉이 (2 년주기)

강냉이/강냉이/콩 (3 년주기)

밀/논벼/록비/논벼 (2 년주기)

○ 살초제에 의한 김잡이

불경피복재배를 시작해서 3 년까지는 잡초제거문제가 중요하게 제기된다.

살초제 산포는 잡초가 작을때 (10 cm이하일때) 제때에 해야 한다.

잡초가 크면 (25 cm이상이면) 죽이기 힘들다.

살초제 한가지에만 의거할것이 아니라 종합적인 잡초제거방법을 쓰면서 화학적, 기계적방법, 손으로 김매기, 그루바꿈도입, 피복재배방법 등과 같이 적용하여야 한다.

한가지 종류의 살초제리용보다 2-3 가지 살초제로 혼용하면 살초률이 높고 살초제량도 줄일수 있다.

5) 전통농업과 보호농업사이 차이

전통농업과 보호농업사이에는 큰 차이가 있다. 보호농업은 이전에 진행하던 전통농업을 뒤집는 하나의 혁명이므로 생각을 거꾸로 할것을 요구한다.

전통농업	보호농업
기계적힘에 의한 토양부스러뜨리기	생물힘에 의한 토양부스러뜨리기, 작물뿌리와 곡짚에 의한 지력보존, 물보존과 가물피해의 감소, 열보존과 냉해의 감소
많은 연유소비	적은 량의 연유소비
해마다 갈아야 한다. 토양의 부풀음성은 즉시 좋아지나 오래 동안 유지하지 못한다.	갈지 않고도 여러해동안에 토양구조성은 좋아지며 오랜 기간 유지된다.
밭은 깨끗하고 파종하기 쉽다. 토양침식이 쉽다.	식물잔유물이 밭에 덮혀있어 파종하는데 지장을 줄수 있다. 토양침식으로부터 보호된다.

6) 보호농업실행을 위한 단계별 내용

1 단계 - 보호농업에 대한 인식, 자료통보 및 양성

인식단계;

농민들이 보호농업에 대한 인식을 정확히 하려면 다음과 같은 단계들이 요구된다.

- 보호농업이 어떻게 농민들과 농업부분에 나서는 현존문제들을 줄이거나 해결할수 있겠는가를 자료적으로 알려주어야 한다.
- 환경 및 사회경제적관리단체들에 보호농업체계도입으로 얻어지는 지속적인 자연자원관리리익을 통보해주어야 한다.
- 보호농업으로 전환하는데서 나서는 문제들을 국내 및 국제적범위에서 발표해야 한다.
- 사회단체, 농업지도기관, 관리위원회, 생산대중, 오랜 농사경험자들과 광범한 경험교환과 긴밀한 협력이 중요하다.

자료통보;

보호농업에 흥미있는 사람들과 사회단체 학회들에 구체적이며 기술적인 자료들을 제공하는것이 무엇보다 중요하다.

농민들이 바라는 기본 문제는;

- 보호농업에 대한 잠재적리익과 있을수 있는 난관, 실패
- 농장의 주어진 조건에서 보호농업도입을 어떻게 할수 있는가? (특히 퇴화된 토양조건에서)
- 보호농업에 가담되어 일하고있는 단체들은 현시기 자료들과 운영실태에 대하여 통보하기 위하여 협력

양성;

농민들에 대한 보호농업기술양성은 단순히 농장 총면적에 대한 생산도입이 아니라 농민들이 보호농법의 원리와 개념들을 배우고 자기들의 생태지역에 어떻게 받아들이겠는가를 학습하는 거점으로 된다.

만일 농민들 스스로가 보호농업의 효과와 리익성을 인정하면 생산도입은 그들 자신의 결심으로 될것이다.

2 단계- 설비 및 물자보장, 기술방조

설비 및 물자투자

- 축력식, 견인식직파기 구입 및 자체생산
- 전통농기계를 보호갈이기계 및 직파기로 갱신
- 도입후 첫 1~ 2 년동안 김잡이용 살초제 보장
- 록비작물을 비롯한 토양피복용 작물종자 선발



밀짚피복후 콩지과



특비재배후 피복작업



강냉이사이그루 특비지과



강냉이짚분쇄 및 피복작업

기술방조;

보호농업을 받아 들이려는 농민들앞에 나서고있는 난점들을 풀어 주기 위한 기술적방조를 말할때 여기서 기본은 해당 나라 및 지역의 기술자들에 대한 능력강화이다.

보호농업도입에 봉사하는 학회, 사회단체, 지도기관들의 자질을 높여 견본기지를 꾸리고 후원하는 측면에서 잘 준비되어야 한다.

특히 도입일군들과 연구사들이 오랜기간의 연구과정과 체험을 통하여 보호농업체계에서 보다 새로운 기술들을 전망성있게 제기하며 여러 지역들에 형식에 관계없이 보급선전하여야 한다.

3 단계 - 기술도입에서 농민들의 활동

농장작업반기술일꾼들이 이 기술에 대하여 인정하고 이해관계를 가지면서부터 보호농업을 어떻게 효과적으로 수행하며 확대시켜 나가겠는가 하는 측면에서 중요한 역할을 하게 된다.

- 보호농사체계를 분석해 주고 개선해 주는데서 농민들을 고무해 주며
- 보호농업과 관련되는 여러문제들에 대하여 자료도 알려 주고 개별적농민들을 대상으로 정상적으로 료해하고 밀어 주어야 한다.
- 다른 농민들과 협동농장들, 학회들에 자기들의 경험을 서로 나누고
- 공동의 문제를 푸는데서 서로 협력하여야 한다.
- 농민들 서로가 련계를 자주가지며 특히는 연구 및 기술학회들과 긴밀히 협력하는것이 필요하다.
- 보호농업에 대한 축적된 경험과 기술들을 농업성 및 지도기관들에 제기하여 농업정책작성에 이바지되게 해야 한다.

2. 보호농업에서 개선되는 토양지표들.

- 토양유기물함량

장기적인 지속농업의 목적하나가 토양의 유기물함량 보존이다.

농업생태계에서 토양유기물관리는 유기물과 식물영양사이 유지관계가 자연생태계처럼 최대로 이루어지고 순환되어야 하며 물침식, 스며새기, 토양침식등을 통한 토양영양성분 류실을 최소한 적게 하여야 한다.

적당한 유기물관리는 다음과 같은 토양특성들을 개선한다.

- 토양지력개선
- 토양구조개선
- 토양생물다양화를 개선

토양은 농민들에게 필수적인 자원으로서 그것을 개선하고 보호하는것은 농사에서 자금을 효과적으로 리용하고 생산성을 높이는데서 매우 효과적인 단계이다.

유기물이란 무엇이며 무슨 일을 하는가?

토양유기물은 분해되고 있는 동물, 식물조직들을 이루면서 탄소화합물의 복합체로 된 물질이다.

유기물의 분해;

유기물분해란 - 생신한 동식물조직들이 토양미생물, 토양동물에 의하여 복합유기분자들로부터 단순한 유기 및 무기분자로의 물리적, 생화학적 변화과정을 말한다.

분해 과정은 3 가지요인에 의하여 결정된다.



- 토양유기체

토양미생물, 토양동물, 식물

- 물리적환경

토양구조, 온도, 습도, 산소

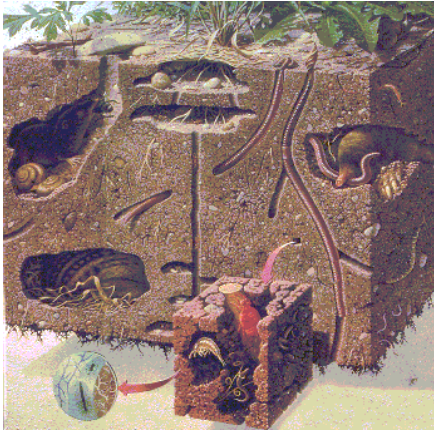
- 유기물량

C:N 비, 리그닌함량, 페놀산, 생화학적분해



유기물질은 동물과 식물의 조직이나 잔유물들로 이루어지는데 특히 분해된 잔유물, 부식질로 되어있다.

이러한 물질들은 토양내에서 에네르기원천으로 된다.

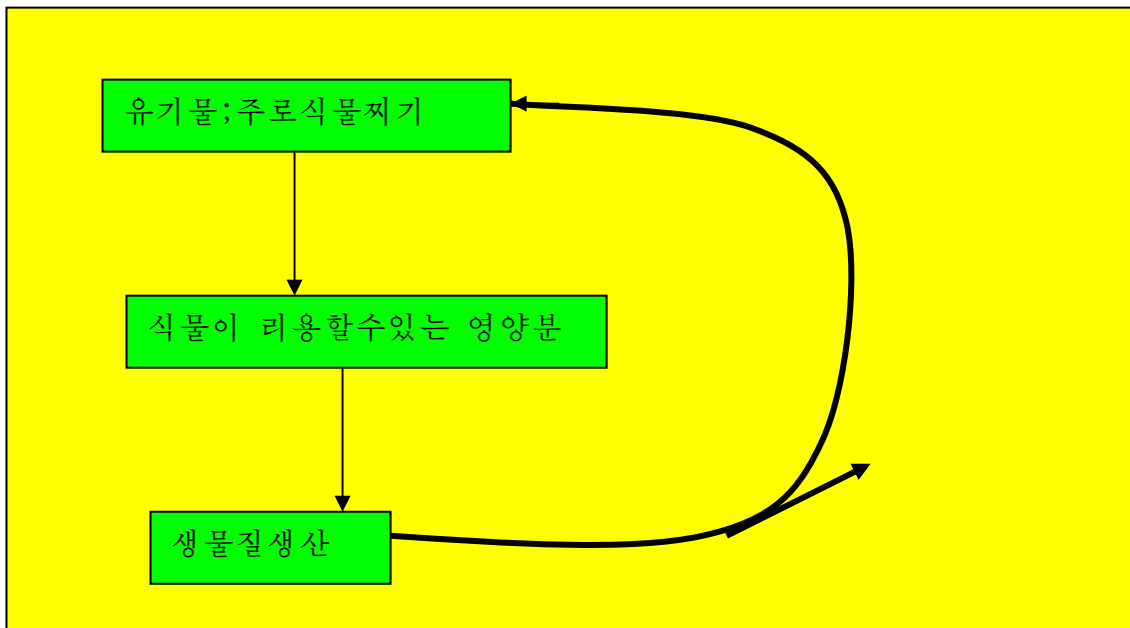


보호농업으로 토양에 많은 짚피물을
 썩우면 토양동물과 미생물상에
 유리한 조건으로 되면서 많은
 지렁이가 생기고 결과적으로 땅이
 푸실푸실
 하게 된다.

지렁이는 토양에 많은 구멍을
 만드는데 여기로 물과 공기들이
 들어가고 산소도 공급되어
 토양미생물이나 동물이 사는데
 유리한 조건으로 될뿐아니라
 그과정에 토양구조가 개선된다.

생물학적으로 형성된 토양구조

영양물질재순환



시험지	재배형식	pH	부식함량	가동성영양원소(mg/100g 토양)			곡짚/록비
				N	P2O5	K2O	
룡천	전통농업	6.5	1.7	7.8	15.0	13.0	무피복
	밀-강냉이	6.5	1.9	9.5	16.7	14.3	밀짚피복
	콩-강냉이	6.7	1.9	10.3	15.7	14.5	콩짚피복
성문	전통농업	5.5	1.5	6.5	12.5	15.7	무피복
	강냉이-무피복	5.5	1.5	6.3	12	15.0	불경-무피복
	강냉이-피복	5.6	1.9	8.7	15.7	16.8	불경-강냉이짚피복
	록비-강냉이	5.7	1.8	8.5	16.5	16.3	록비 7톤-강냉이
	밀-콩	5.6	1.7	7.2	13.8	17.8	밀짚-콩
증산	전통농업	6.8	1.5	5.7	8.8	20.0	무피복
	록비-강냉이	7.0	1.7	7.5	10.5	21.5	록비 10톤-강냉이
	콩짚피복-강냉이	6.7	1.9	6.9	9.2	21.1	콩짚 3톤-강냉이
	밀-논벼	6.1	1.5	5.1	7.5	15.6	밀짚 4톤-논벼

2005 년 보호농업시험기지자료

알곡곡짚으로 토양을 피복하면 0 ~ 5cm 층토양의 부식함량이 평균 0.2% 정도 높아졌으며 가동성질소는 2 ~ 3mg, 가동성린은 황주군 룡천농장에서 1.7, 대성구역 성문농장에서 3~4mg, 정도 높았고 카리함량은 전반적으로 1.5mg 정도 높았다.

록비를 재배한 밭에서는 강냉이짚으로 피복한 밭보다 부식함량은 높지 못하지만 가동성영양원소함량은 약간 높은편이다. 이것은 록비작물과 강냉이곡짚의 C:N 비차이에서 오는 일시적인 경향이다.

따라서 C:N 비가 높은 강냉이짚과 C:N 가 낮은 록비작물을 적당하게 배합하여 토양피복을 조성하면 부식함량과 가동성영양원소함량을 동시에 올리는 측면에서 유리하다.

- 토양습도

① 농작물소출을 높이는 사활적인 열쇠

강수에 의거한 농업에서 수확고가 떨어지고 농작물재배가 실패하는 주요 요인은 강수량이 낮거나 변덕스러운 비물량에 관계되며 비물을 잘 리용하지 못하는데 있다.

강수량을 늘이거나 비내림회수를 조절하는 일은 전혀 불가능한 일이다. 따라서 천수답에서는 비물잡기나 토양물리용, 비물리용효과성을 개선하는데 힘을 집중하여야 한다.

이것은 토양피복을 잘하고 토양관리를 잘하여 비물류출과 증발에 의한 물기손실을 최대로 줄이며 땅에 스며들어오는 물량을 많게 하는것으로 극복할수 있다.

토양에 저축되는 물량을 늘이면;

- 강수리용률을 최대로 높여 알곡소출을 높이고
- 가물에 의한 소출감소를 줄이며
- 땅속물을 보충하고 우물의 물수위를 안정하게 하며 개울이나 강에 물이 계속 항시적으로 흐를수 있게 할수 있다.

② 가뭄지대에서 토양습도관리 《보물찾기》

토양표면에 비가 내리게 되면 일부분은 땅속물층을 채우기 위하여 토양으로 들어 갈것이며 또 일부는 표면을 따라 흘러내려가게 된다. 나머지 부분은 피복되지 않은 토양면이나 식물잎에서 대기중으로 직접 증발되어 되돌아갈것이다.

토양습도는 강수량뿐만아니라 토양의 화학적조성, 공극을 비롯한 토양물리적 구조에 의존된다.

토양은 구조상에서 서로 다르며 물보유능력에서 또한 서로 다르다. 이러한 특성은 주로 토양구조, 유기물함량, 토양깊이, 생물학적활성에 따라 관계된다.

대부분의 사람들은 토양을 단순한 고체성분으로만 생각하고 있지 토양속의 순수한 공극에 들어있는 필수적인 성분들에 대해서는 놓치고 있다.

토양공극의 개수, 크기, 접착성 등은 토양이 물을 빨아들이고 유지하고 공급 하는량을 결정하는데서 기본적인 역할을 한다.

토양표면에 각이한 크기의 공극들이 서로 많이 응집되어 있으면 토양이 비물을 잘 빨아들이고 표면비물류출량을 줄이며 토양물리용률도 높게 된다.



자연적인 토양구조형성

작물 물부족 원인

농작물이 비물리용을 잘하기 위해서는 토양구조가 파괴되는 과정을 이해하는것이 필요하다. 토양의 2개 측면을 알아야 한다.

- 토양표층
 - 피복을 하지않은 토양의 표면에 비물이 떨어질때 표층의 기공을 메워 버리거나 껍데기가 생기게 하는데 이것은 토양의 다공성을 줄일수 있다.
- 토양표층아래
 - 농기계에 의한 갈이, 그로 인한 트랙또르운전, 사람과 동물들에 의한 다님 등은 토양공극을 파괴하며 결과적으로 토양다짐층을 형성한다. (비가 온 뒤에 더욱 심하다)
 - 이것은 비물씻김을 야기시키고 뿌리발육을 억제한다.

비물씻김에 토양의 가동성영양원소들이 많이 씻겨 나가고 유용한 토양미생물과 토양동물들이 점점 줄어 들어 나중에는 척박한 토양으로 남게 된다.



④ 보호농업에서 토양구조성형성

일반적으로 농업에서 물에 대한 흡수성이 좋고 생물학적으로 부유한 토양은 보호농업의 4 가지 주요원리에 의하여 해결될수있다.

- 식물잔유물, 혹은 피복작물에 의한 토양피복
- 최소갈이, 령갈이를 통한 최소한 기계적인 토양파괴
- 영구적인 자리길운행을위한 트랙또르 다님구간고정
- 작물그루바꿈, 피복작물재배장려

- 영구적인 토양피복

비방울에 의한 부정적영향으로부터 토양표면을 보호하며 토양표층의 공극성을 좋게 한다.

토양겉층으로부터 물기증발을 막는다.

토양미생물이나 토양동물에 좋은 환경을 지어주며 그들에게 요구되는 먹이감을 제공한다.

- 최소토양파괴

토양갈이를 통하여 생기는 습기손실을 막는다.

땅다짐을 줄이며 땅속으로의 물스밈이 잘되게 하며 뿌리발육과 식물생육을 촉진시킨다.

토양생물의 좋은 서식조건을 지어주며 유기물의 분해와 대기중으로의 손실도 줄인다.

농작물뿌리와 토양유기체들은 기계적갈이로는 만들수 없는 생물기공망을 서로 형성하는데 매우 유리하다.

이와 함께 토양동물들은 작물꼭질을 토양속에 골고루 섞이게 하는 생물학적갈이 역할을 한다.



토양피복으로 인한 유용한 동물증대



몇년에 한번씩 깊이 뿌리 뽑는 작물을 심으면 토양심층까지 들어가기 때문에 이것은 좋은 생물학적갈이로 되며 땅은 저절로 푸실푸실하게 된다.

뿌리가 죽으면서 땅속에는 물과 공기가 들어갈수 있는 많은 공극들이 형성되는데 몇년후 기계로 갈아엎는 경우 생물학적으로 형성된 이상적인 토양구조들은 삼시에 없어지고 만다.

- 트랙또르 다짐길조정

포전에서 사람이나 축력, 기경에 의한 운행은 생물학적으로 형성된 토양구조를 파괴할수 있기때문에 고정다짐구간을 제정해놓고 작업을 하면 이 문제를 해결할수있다.

트랙또르 바퀴사이구간은 다치지 않기때문에 전혀 토양다짐이 없는 영구적인 생물갈이구간으로 된다.

- 작물그루바꿈

각이한 뿌리체계로 된 작물들로 그루바꿈을 하면 깊은층 토양까지 뿌리통로망들이 생기기 때문에 좋은 토양구조를 형성할뿐아니라 영양물질순환에도 리롭다.

이 과정은 또한 토양의 물스뱁을 좋게하고 물을 잡아두고 작물에 필요한 수분을 계속 공급할수 있으므로 현시기 농업에서 주요지표로 되고있다.

- 농기계에 의한 땅다짐

- 토양구조

토양구조감퇴- 흔히 땅다짐이라고 하는데 전통농업에 의하여 산생되는 가장 심각한 환경문제로서 토양침식으로 간주되고있다.

땅다짐에 의하여 직접적으로 나타나는 부정적 영향은;

물과 비료효과성이 떨어지고 토양침식이 늘어나고 있다. 이러한 토양 감퇴현상은 대규모의 농장을 가지고 있는 농민들에게서 많은 측면의 부정적영향이 나타나고 있다.

농작물에 대한 물공급이 줄어들어 소출이 떨어지고 지어는 재배과정에 실패하는 현상들이 종종 나타나군 하며 투자비용이 높아지고 있다.

- 불충분한 지식과 토양관리실천

토양은 단순히 굳은 고체부분으로만 이루어져 있는것이 아니다.

토양공극망은 토양에서 중요한부분의 하나인데 공극의 수, 크기 그리고 공극의 접착성은 자연생태계에서 볼수있는 화학적 및 생물학적과정과 직접적으로 련관되어 있다.

농업생태계에서 적합한 공극망은 다음과같은 원인으로 해서 알곡소출을 높이게 된다.

높아진 물스밈과 농작물 물리용성

줄어드는 비물류출

뿌리발육에 좋은 환경

종자발아촉진

땅다짐현상은 철저히 인간의 활동에 의하여 생기는것만큼 자연 토양 구조를 파괴하지않는 토양관리방법개선을 통하여 방지할수 있다.

- 땅다짐에 대한 인식

다져진 땅깍데기층이 실질적으로 알곡소출을 떨어뜨리는지를
확정하는것이 중요하며 가령 현상을 목격한다면 그것을 퇴치하고
방지하기 위하여 실질적인 대책을 강구해야 한다.

가장 일반적으로 흔히보게되는 땅다짐현상은 크게 2 가지로 볼수있다.
큰덩어리형태의 땅깍데기;

토양집합체들이 크면서 굳은덩어리형태로 다져진 블록모양인데
토양공극은 적고 대단히 굳다.

평판형 얇은 깍데기층;

땅이 접시모양의 구조로서 토양표층과 수평으로 되었는데 식물뿌리가
뻗거나 바닥층토양으로 물이 이동하는것을 심히 억제한다.

토양물함량과 땅다짐현상

농기계작업과 작물재배시 토양물기함량은 땅다짐에 결정적 작용.

토양물기는 축력, 료전기재, 갈이기계의 이동때 토양집합체나 개별적인알갱이들이 압력에 따라 움직이게 하는 윤택유.

이과정은 토양공극을 줄이고 흠립자들이 다져지게 하며 커다란 흠덩어리를 산생.



다져진 땅에서 소출이 계속 떨어지는 원인은 다음과 같은 요인들에 의한것이다.

1. 물스밈과 물리용률이 낮아진것
 2. 토양표면 물류출이 많아진것
 3. 부리발육이 억제된것
 4. 협소한 종자발아
 5. 나빠진 토양호흡(통풍)
 6. 비료효과성이 심하게 떨어진것 (작물뿌리가 비료를 준부위까지 가지못하거나 시비된 영양성분들이 토양물기상수가 떨어진것으로 하여 다져진 토양에 판건된 상태로 있게된다.)
- 토양자원을 복구하고 보호하는 보호농업

땅다짐현상에 대하여 인식하고 그의 형성원인을 알면 농사방법이 이러한 땅다짐을 복구하고 앞으로 방지 할수있게 다시 설계될수 있다. 다져진 토양은 다음과 같은 농업활동으로 복구할수있다.

큰 덩어리나 판형토양껍데기가 생긴 토양에서는 깊이 뿌리 뻗는 작물을 리용하여 깎수있다. (합리적인 그루바꿈)
땅을 튼튼하게 살찌우기 위하여 유기물시비를 늘여야 한다.

앞으로 영구적인 땅다짐 막기는 보호농업의 4 개기본원리와 실천방법실행을 통하여 성과적으로 해결할수있다.



3. 세계적인 보호농업실태

1930 년대에 미주의 어느한 나라에서 먼지구름이 세계를 놀래웠다.

많은 면적이 파괴되고 25%의 농민들이 농사를 망치고 다른 곳으로 이주하지 않으면 안되었다. 먼지구름의 해독성은 사람들로 하여금 그 원인이 무엇이며 그것을 어떻게 막을 것인가를 생각하게 하였다.

우연히 사람들은 심지 않거나 작물찌꺼기 덮혀있는 토양들에서는 토양이 바람에 날리지 않는다는것을 발견하였으며 그때로부터 오랜 기간의 연구과정에 불경직파기가 개발되고 살초제들이 생산되면서 1960 년도에 보호농업이라는 새 기술이 생겨나게 되었다.

보호농업선진국들의 경험;

○ **캐나다** - 1960 년대에 캐나다는 칼날보습을 사용하였는데 이로부터 보습의 지나친 사용으로 인한 비물 및 바람침식의 영향을 세계 받았다.

1960 년부터 보호같이연구가 시작되었으며 연구사업의 중심은 직파 기계와 살초제에 두었다.

1980 년말에 보호같이면적을 3 개의 기본농업주들에서 확대하였다. 2002 년까지 총 보호농업면적은 이 3 개주의 총 경지면적의 70% 해당하는 1 천 3 백만 ha 에 달하였다.

최근에 진행된 농기계전시회에서는 대부분의 농기계들이 보호같이 기계들이였고 전통적인 같이기계들은 이미 사라져버렸다는것을 보여주었다.

○ **오스트랄리아** - 많은 면적의 토양깊이는 1m 밖에 되지 않는다. 따라서 토양류실은 대단히 큰 문제였다. 과학자들은 앞으로 100 년동안 지금의 보습을 계속 리용한다면 오스트랄리아 토양의 50%가 쓸모없이 될것이라고 예견하고 있다.

1970 년대에 보호갈이시험이 시작되었으며 현재에는 갈이보습이 완전히 사라졌고 경지면적의 70%에서 보호농업을 적용하고있다. 최근 20 년동안에 오스트랄리아의 알곡수확고는 100% 증가하였는데 그중 보호갈이기술이 기여한 몫은 40%에 달한다고 오스트랄리아 알곡연구 및 개발센터는 강조하였다.

○ **브라질** - 브라질은 토양침식을 막기 위하여 1971 년에 보호갈이 기술을 도입하였으나 4 년동안 직파기계가 개발되지 못하여 전진이 없었다.

1975 년도에 첫 직파기계가 성과적으로 개발되면서부터 보호농업 면적은 점차적으로 늘어나 1985 년에 40 만 ha 였던것이 2002 년에 1 천 7 백만 ha 로 늘어나 17 년동안 40 배로 증가하였다.

세계적으로 남아메리카는 20 년동안에 보호갈이기술도입에서 커다란 성과를 거두었다고 인정하고 있으며 그 기본 리유는 지역조건에 알맞게 개발된 기술이며 농민들이 보호갈이기계를 쉽게 구입하고 리용할수 있다는데 있다. 현재 브라질의 보호농업기계들은 미국것과 질은 같으나 가격은 3 분의 1 정도이다. 남아메리카에서 보호농업의 주요한 혜택은 토양침식을 막았다는것이다.

브라질 중부-북부지대 토양에서 각이한 갈이체계와 그루바꿈효과

No	토양관리 및 작물그루바꿈	토양깊이 (cm)	토양유기물 (%)
1	무거운 원반갈이에 의한 콩단작	0 -10	1.0
		10-20	1.0
		20-30	1.0
2	원반갈이에 의한 콩-강냉이 그루바꿈	0 -10	1.5
		10-20	1.3
		20-30	1.3

3	불경에 의한 콩-강냉이 그루바꿈	0-10	3.8
		10-20	3.4
		20-30	2.0

1994. 브라질

원반갈이에 비하여 불경포전에서 0-10 cm 층의 토양유기물은 2.3%-2.5%정도 높아졌으며 토양층위가 깊어져도 그 경향은 같다.

토양에 유리한 지렁이수도 훨씬 많았다.

토양관리에 따르는 지렁이마리수

토 양 관 리	0-30 cm 층(마리/1 m ²)	0-10 cm(마리/1 m ²)
불 경	27.60	13.0
치 줄 갈 이	5.2	7.5
전 통 갈 이	3.2	5.8

1991.

브라질에서 1977 년에 강냉이는 ha 당 4t, 콩은 2.2t 이던것이 보호농업을 도입한 20 년후인 1997 년에는 강냉이소출이 ha 당 8t, 콩소출은 ha 당 3.6t 이었다.

강냉이생산에 화학비료는 30%나 줄어들었고 콩생산에는 50%의 비료를 절약.

○ **유럽** - 많은 유럽나라들은 강수량이 꽤 많은편이어서 토양류실은 적다. 그러나 포전작업량을 줄이고 비용을 절약하기 위하여 1980 년에 보호농업 적용을 시작하였다.

보호갈이면적은 해마다 급속히 늘어나고 갈이면적은 줄어들었으며 현재와서는 작물재배면적의 16-18%가 이미 보호농업을 도입하였다.

2002 년 현재 보호농업은 70 여개의 나라들에서 10 여개의 작물에 대하여 1 억 6 천 8 백만 ha 에 도입되었는바 이것은 세계 총경지면적의 11.3%에 해당하는 면적이다.

2002 년도 나라별 보호경작재배면적 단위:100 만 ha

대 륵	나 라 명	경지면적	보호경작재배면적			
			면 적	%	그중 불경	
					면 적	%
북아메리카	미 국	114.00	67.69	60	22.41	19.7
	캐나다	42.56	13.00	30.5	4.08	9.0
남아메리카	브라질	53.30	39.90	74.8	17.35	32.6
	아르헨티나	25.00	20.00	80	14.50	58.0
	파라과이	22.00	17.8	80.1	1.30	59.1
유 럽	프랑스	18.30	3.00	16.4	0.15	0.82
	도이칠란드	11.83	2.37	20.1	0.35	2.99
	영 국	5.38	1.40	26.8	0.03	1.02
아프리카	남아프리카	15.36			0.03	0.02
	가 나	2.58			0.05	1.6
오스트랄리아		20.00	14.60	73	9.00	45
아시아및기타					≥ 2.00	
총 계		150000	≥ 16906	≥ 11.3	≥ 7476	4.9

FAO 자료

The views expressed in this publication are those of the author and do not necessarily reflect the views of the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

집필: 학사 량영남 (농업과학원 토양학연구소 시비체계연구실장)

FAO TCP/DRK/3004, OSRO/DRK/501/SWE

