

사후관리가 내년수확 좌우한다

벼수확 후 논토양 이용 및 관리대책

농촌진흥청 농업기술연구소

토양물리과장 · 農博 엄 기 태

담수지속으로 화학적 특성변화

논토양은 벼를 재배하는 기간중에는 항상 물에 잠겨 있으므로 발토양이나 임지토양에 비하여 토양생성 및 특성이 매우 다르다. 다시 말해서 어느 일정기간 동안은 토양이 물에 잠겨 있으므로 물에 의한 토양의 물리 및 화학적 작용으로 토양의 특성이 달라진다.

분산된 유기물 · 규산등 용해

물리적 작용으로서는 점토입자의

하강운동을 촉진시켜 일정한 깊이에서 점토의 집적층을 만들며 때로는 점토반(粘土盤)을 만든다. 그리고 삼투수(滲透水)는 점토 뿐만 아니라 분산되어 있는 유기물이나 규산등 용해되어 있는 각종 물질을 운반하여 용탈시키는 한편 눈에 물을 담아 두면 물이 태양열을 흡수하여 물의 온도가 높아지기 때문에 토양온도를 높이는 역할을 한다.

산소부족으로 토양환원 촉진

화학적 작용으로는 가장 중요한 것이 토양의 환원이며 논토양은 물

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

에 잠겨 있는 동안 의부로부터 산소의 공급이 차단되거나 유기물이 분해할때 미생물의 작용에 의한 산소의 소모등으로 인하여 산소의 부족에 의하여 토양은 환원이 촉진된다. 토양은 환원된 화학물질 때문에 토양색깔이 암회색, 회색 또는 청회색을 나타내므로 토양온도와 열의 전도가 달라진다. 뿐만 아니라 담수(澁水)의 화학적 작용으로는 용해작용이며 탄산을 비롯한 황산, 질산, 규산등의 성분을 용해하기도 하여 담수하지 않은 밭토양과는 화학적 성질이 매우 달라진다.

그러나 이와같이 토양에 물을 대줌으로서 토양의 화학적 특성이 변화하게 되며 같은 논토양이라 할지라도 토양특성의 차이에 따라 그정도의 차이가 매우 다르다.

1. 논 토양의 종류

'82농림통계연보에 의하면 우리나라 논토양의 총면적은 1,308천 ha로서 전국토의 13.2%에 해당하나 농촌진흥청에서 '79까지 정밀토양조사를 실시한 논면적은 1,268천 ha로서 이 결과에 의하면 논토양을 생성 및 형태적으로 분류하여 표 1과 같이 151개의 토양종류로 구분하였으며 활용면에서 토양 특성이 다소 차이가 있더라도 동일한 관리가 가능

(표 1) 지형별 논토양종류 및 면적

지 형	토 양 종류수	면 적 (ha)	비율 %
하 평 해 혼 성 지	37	204,863.9	16.2
하 평 성 평 탄 지	32	284,166.5	22.4
홍 적 대 지	5	51,047.5	4.0
곡간및선산지	60	631,948.5	49.8
산록경사지	6	90,167.4	7.1
용암류대지	11	6,145.0	0.5
계		1511,268,338.8	100.0

(표 2) 논토양 유형별 면적

구 분	분포면적 (ha)	비율(%)
보 통 논	412,952.8	32.6
모 래 논	409,901.9	32.3
미 속 논	296,596.5	23.4
고 논	113,856.5	9.0
염 해 논	32,000.1	2.5
특이산성논	3,031.0	0.2
계	1,268,338.8	100.0

하다고 인정되는 토양을 한테 묶어서 분류한 토양유형은 표 2와 같다.

33%만이 비교적 생산성높아

표 2에서와 같이 논토양으로서 생산성이 높은 보통논이 총면적의 32.6%에 불과하고 생산성이 떨어지는 모래논을 포함한 기타 유형의 논토양은 67.4%에 달하므로 우리나라의 논토양은 적당한 토양관리와 개량에 힘을 기울여야 한다.

2. 논토양의 이용현황

매년 이용을 떨어지고 있어

우리나라 논면적과 논이용면적을 보면 표 3과 같으며 논이용면적은 해마다 줄어 1977년에 비하여 1981년에는 이용율이 4.4%나 줄어 들었으며 해마다 논을 이용하는 비율이 줄어들고 있는 것이다.

(표 3) 논 이용 상황
(단위 : 천 ha)

연 도	논면적	이용면적	이용율 (%)
'77	1,303	1,610	123.6
'78	1,312	1,632	124.4
'79	1,311	1,619	123.5
'80	1,307	1,557	119.1
'81	1,308	1,559	119.2

자료 : 82농림통계연보

식량중 맥류재배 계속저조

한편 논작물별 파종면적은 표 4와 같이 식량작물(미곡, 맥류, 잡곡, 두류, 서류)이 5개년평균 92.0%이고 기타작물(채소, 특용작물, 영영작물, 시설작물)은 불과 8.0%에 지나지 않으며 특히 식량작물중 맥류재배면적이 해마다 현저히 줄어드는 경향이다.

논면적중 1모작과 2모작 논을 비교하여 보면 표 5와 같이 2모작논이 매년 증가됨에도 불구하고 논작물과 종면적이 줄어들고 있는 것은 논을 그만큼 이용하지 않는다는 뜻이 된다. 다시말해서 2모작 논이 총논면적의 62.0~65.4%를 차지하고 있다는 것은 현재 논이용율 119.2~124.4%를 162.0~165.4%까지 이용할 수 있다는 의미가되며 이는 논을 41.0

(표 4) 논 작물별 파종면적

(단위 : 천 ha)

연 도	총 면 적	식 량 작 물	기 타 작 물
'77	1,610(100.0)	1,500(93.2)	110(6.8)
'78	1,632(100.0)	1,518(93.0)	114(7.0)
'79	1,619(100.0)	1,486(91.8)	133(8.2)
'80	1,557(100.0)	1,418(91.1)	139(8.9)
'81	1,559(100.0)	1,421(91.1)	138(8.9)
평 균	1,595(100.0)	1,468(92.0)	127(8.0)

자료 : '82 농림통계연보, ()는 비율임.

(표 5)

논 면적중 1모작 및 2모작논

〈단위 : 천 ha〉

연 도	총 면 적	1 모 작 논	2 모 작 논
'76	1,290(100.0)	490(38.0)	800(62.0)
'77	1,303(100.0)	473(36.3)	830(63.7)
'78	1,312(100.0)	459(35.0)	853(65.0)
'79	1,311(100.0)	453(34.6)	858(65.4)
'80	1,307(100.0)	462(35.3)	845(64.7)

※ '82 농림통계연보, ()는 비율임.

~46.2%까지 더 이용하여 다른 작물의 재배 가능성이 있다는 것과 마찬가지로이다.

이와같이 논이용율이 떨어지는 것은 산업발전과 더불어 농촌인구가 도시로 유입되어 농업노동이 부족되어 일어나는 하나의 현실이라 할 수 있겠으나 농업이 타산업에 비하여 소득이 낮다는데도 큰 원인이 있을 것이다. 그러나 우리나라와 같이 좁은 경지면적에 인구 4,000만이상의 식량을 자급하기 위해서는 현재의 생산수준에서 농경지를 200% 이상 활용하지 않으면 우리의 식량자급은 매우 어렵다는 결과가 되므로 가능한 한 농경지 이용율을 높이는 것이 우리의 큰 과제라 할 수 있다.

녹비작물이라도 재배해야

우리나라의 기후적 조건으로 보아 아열대 및 열대지방의 기후에 비하여 농작물의 생육기간이 제한되어

있기는 하나 작물생육환경을 고려하여 추운겨울에도 재배할 수 있는 작물을 선정하여 재배함으로써 토지의 이용율을 최대한으로 높여야 할 것이며 식용작물의 재배가 곤란한 지역에서는 녹비작물인 자운영, 벼치, 및 호맥등을 재배하고 토양에 유기물을 공급토록하여 논토양의 지력을 높여 증수를 하도록 노력하여야 할 것이다.

3. 논토양의 관리대책

벼수확후 토양관리는 다음해 벼재배를 위하여 매우 중요하다. 우리나라에서는 보통 벼농사를 1년에 한번 짓고 있으나 벼가 재배되고 있지 않는 겨울이나 봄에 맥류나 시설원예 등 다른 작물이 재배되는 경우가 많다. 벼만을 재배하는 논은 물론 겨울에 다른 작물을 재배하는 논도 이들을 재배하는 기간에는 토양관리를 잘하여야 다음해 본작물인 벼재배에

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

어려움이 없을 것이다.

종류와 특성따라 특별관리

벼가 재배되고 있는 기간도 마찬가지로 가지겠지만 특히 벼수확후의 논토양 관리는 토양의 종류와 특성에 따라 필요한 관리를 해야하며 그렇지 못할때는 헛된 노력만 소비하게 되는 것이다. 그러면 동일한 관리를 하여도 좋은 논 토양유형별 토양관리에 대하여 검토하면 다음과 같다.

가. 보 통 논

일반적으로 수량이 높은 논토양으로서 토양배수가 약간 불량하고 토성은 식양질이며 하성평탄지 또는 내륙평탄지에 분포하고 있다. 그러나 이와같은 토양도 작물이 재배되고 있지 않는 기간에는 깊이갈이, 심토파쇄, 생짚 혹은 퇴비등의 시용으로 토양의 지력을 높여주는 것이 좋다.

가을갈이...유기물분해촉진 혁신장범위넓혀...깊이갈이

특히 가을갈이는 겨울동안 토양을 추위에 노출시켜 각종해충을 얼어죽게할 목적도 있지만 그보다 더 큰

효과는 유기물의 분해를 촉진하고 광물의 풍화를 도와 토양의 비옥도를 높이고 심토의 토양구조를 개량하여 주는 것이다. 또한 깊이갈이는 쟁기바닥층에 모여있는 유효양분을 작토층으로 올려주며 뿌리의 신장(伸長) 범위를 넓혀 양분을 보다 더 많이 흡수토록하는데도 효과가 있다.

깊은층에 점토함량 높이면 透水性 나빠 생육지장 받아

보통논의 점토함량은 일반적으로 18~35% 범위에 있으며 대부분 표토에서 보다 심토에서 점토함량이 높다. 점토는 기계적 작용에 의하여 표토로부터 심토로 이동하여 집적되는 경우가 많다. 점토의 함량이 비교적 높게되면 심토는 단단하여지고 물의 투수가 매우 늦어져 벼뿌리가

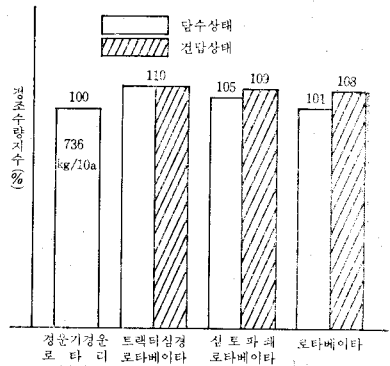


그림 1. 처리별 점토수분(82, 농기연)

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

떨어내려가지 못하게 된다. 이와 같은 논에서는 심토를 파쇄하여 주면 투수성이 좋아질 뿐만아니라 토양구조를 개량하게 되어 뿌리 빨음도 매우 좋아진다.

그림 1은 보통논에 속하는 토양에 심경 및 심토파쇄의 효과로서 관행에 비하여 5~10%의 증수 효과가 있었다.

생짚이나 퇴비는 다같이 유기물의 급원이 되는 것으로서 유기물은 지력을 유지 증진하기 위해서 뿐만 아니라 작물이 자라는데 알맞는 토양구조로 개량하여 수량을 증가하도록 한다. 그러나 잘 썩지 않은 신선한 유기물의 사용은 미생물의 먹이가 되어 토양생물의 수를 늘리고 토양 질소등 유효식물영양분을 일시에 흡수하여 질소가아현상을 가져올 염려가 있으나 화학비료의 사용으로 질소가아현상(窒素飢餓現象)은 막을수 있는 반면 유기질 비료의 여러 이점을 효과적으로 이용할 수 있다.

표 6은 퇴비와 생짚의 사용효과를

(표 6) 퇴비와 생짚사용 효과

(단위 : kg/10a)

처	리	9kg 질소/10a	12kg 질소/10a
표	준	482(100)	520(100)
퇴비	300kg/10a	540(112)	578(111)
생짚	150kg/10a	560(116)	614(118)

※ '71 오왕근등, 한토비지 4권 2호
() 수량지수

비교한 성적으로 시용한 질소의 양에 관계없이 생짚의 사용은 퇴비의 효과를 능가하여 정조수량은 증가하였다.

생짚, 봄에 600kg/10a 시용

생짚의 사용은 벼를 수확한후 바로논에 사용하여도 좋으나 다음해 벼를 재배할 때까지는 장기간이 소요되므로 유기물의 분해가 빨리 진행되어 질소의 일부가 필요없이 소모될 염려가 있으므로 봄에 사용하는것이 효과적이며 사용량은 600kg/10a 정도가 적당하고 사용할때는 밧짚을 30cm정도로 잘라서 사용하면 경운등 작업에 매우 편리하다.

나. 모래논

우리나라의 모래논은 총논면적의 32%를 차지하고 있어 매우 많은 분포면적을 나타내고 있다.

점토함량 18%이하인 토양

정밀토양조사에서 모래논의 정치는 점토함량 18%이하를 모래논으로 규정하고 있으며 모래논이 많은 이유로서는 토양모래가 조립질(粗粒質)인 산성암의 화강암이나 화강편

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

마암의 분포가 전국토의 2/3를 차지하고 있어 이들의 풍화산물이 대부분 모래로 되어 있기 때문이다.

물빠짐 빨라 비료손실커

모래논은 양분은 간직할 수 있는 능력이 적고 물빠짐속도가 매우 빨라 비료성분의 용탈이 심하며 뿌리가 뻗을 수 있는 범위가 제한되어 있어 작물생육이 불량하여 수량이 떨어지는 논이다.

객토실시로 작토층 늘려야

이와같은 모래논에는 벼수확후 겨울에 질이 좋은 객토원을 객토하여 점토함량을 높여 비료들 간직할 수 있는 힘을 증가시키고 물빠짐 속도를 줄여 양분의 용탈을 막아주는 한편 작토층은 늘려 뿌리뻗음은 좋게 하여 주어야 한다.

일반적으로 점토함량이 높은 산적토를 객토하면 점토함량 및 비료들 간직할 수 있는 힘은 높아지나 반대로 유효인산, 유기물 및 토양산도는 떨어지므로 객토와 함께 이들 모자라는 성분을 충분히 보완하여 주도록하여야 한다.

객토의 양은 객토원의 점토함량과 대상지의 점토함량을 고려하여 객토하여야하며 객토량환산은 다음공식

에 의하여 객토량을 정하도록 하는 것이 좋다.

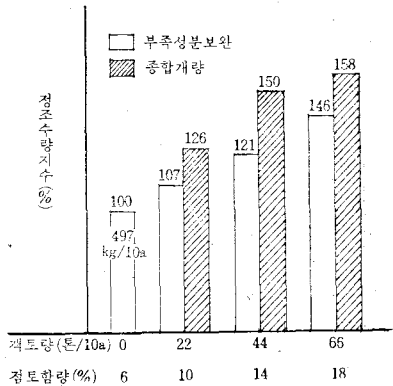
$$\text{객토량} = \frac{15\% - \text{대상지 점토함량}\%}{\text{객토원 점토함량}\% - \text{대상지 점토함량}\%}$$

$$\times 18 \times 12 \times 10$$

- 15% = 개량목표지 점토함량
- 18cm = 개량목표 작토층깊이
- 1.2 = 작토층가비중
- 10 = 상수

예로서 개량목표 점토함량을 15%로 하고 객토대상지 점토함량 10%인 지역에 객토원 점토함량을 30%로 한다면 위의 공식에 의하여 10a당 소요되는 객토량은 72톤이된다.

그림 2는 점토함량 6%인 모래논에 점토함량 39%인 객토원을 객토하여 점토함량을 10%, 14%, 18%로 높이고 객토로 인한 부족성분 즉 유기물과 인산을 대상지 토양수준으로 보완한 것과 유효인산 100ppm, 유효규산 150ppm, 퇴비 1,200kg/

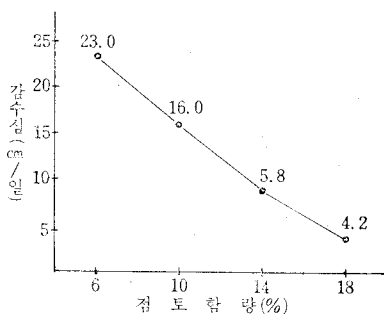


(그림 2) 객토의 증수효과(’81 農技研)

10a, pH6.5로 조절하는 종합개량처리결과로서 점토함량이 증가됨에 따라 수량은 증수되었다.

이와같이 객토를 하면 객토로 인한 부족성분을 반드시 보완하여 주고 종합개량을 하면 수량을 높일 수 있으나 객토만으로는 수량을 높인다는 것은 매우어려운 일이므로 유의하지 않으면 않된다.

한편 객토로인한 물빠짐방지 효과를 보면 그림 3과 같이 점토함량 6%에 비하여 18%인 토양에서는 5배 이상의 물빠짐 방지 효과가 있으므로 양분용탈의 방지효과도 기대된다.



(그림 3) 점토함량별 감수심 ('81 農技研)

다. 미 속 논

논으로 개답된 연대가 오래되지 않아 논토양화학작용을 충분히 받지 못한 논들이 이에 속하며 지하수위

가 비교적 깊어 2m이하에서 나타나며 재배기간동안 인위적인 관개에 의하여 부분적으로 환원되어 있으나 주토색(主土色)은 갈색 또는 황갈색이고 토양배수는 약간 양호한 편이며 토성은 토양모래에 따라 사양질에서 식질까지 있다.

보통 인산질 부족 현상 많아

이들 미숙논은 일반적으로 산록지 꼭간지 및 대지(台地)의 경사지에 분포하고 있으므로 수리가 불안정한 논이 많다. 이와같은 논에서는 보통 인산성분이 부족하므로 인산질비료를 사용하지 않으면 질소질비료를 사용하지 않는 논과 수량이 비슷하게 나온다. 이것은 보통논에서는 인산질비료의 효과가 크지 않는데 비하여 미숙논에서는 인산질비료의 효과가 매우큰 때가 많다는 것이다.

퇴비·생짚시용효과 매우커

미숙논은 산화상태로 있고 유기물 함량도 적기 때문에 퇴비나 생짚의 효과도 매우 크므로 보통논에서와 같이 퇴비나 생짚을 시용하여 지력을 높이도록 할 것이며 경작이 계속됨에 따라 쟁기바닥층에 경반층이 생기게 되므로 깊이같이 또는 심토파쇄를하여 토양의 구조를 개량하여

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

주어야 한다.

이 토양은 대개 산성토양이 많으므로 용성인비와 같은 알칼리성비료를 사용하거나 석회등을 사용하여 토양 산도를 교정하여 주는 것이 좋다.

라. 고 논(濕畝)

우리나라의 고논은 크게 나누어 3가지로 구분할 수 있는데 첫째 평탄 저지에 분포하는 토양으로 지하수위가 높아 항상 물에 잠겨 있는 고논이고 다음은 물부족으로 다음해 벼 농사를 대비하여 물을 가두어 두기 때문에 생기는 고논이며 세째는 곡 간 논둑밑에서 물이 솟아나와 항상 물이 고여있는 용출수(湧出水)에 의한 고논으로 구분할 수 있다.

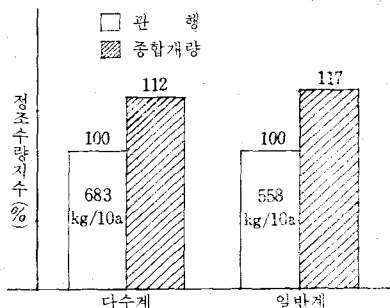
뿌리부근에 유독성분 집적

일반적으로 고논은 작물뿌리에 유독성분이 집적되고 특히 용출수에 의한 고논은 냉수의 해를 받으므로 작물 생육이 억제되는 경우가 많다. 또한 고논에는 유기물의 집적이 많아 저온기인 벼생육초기에는 해가 적으나 생육후기 고온으로 되면 유기물의 분해량이 많아져서 각종 유독성분을 생산하므로 벼생육에 좋지 못한 환경을 만들기 쉽다. 이때 생기는

유해 성분으로서서는 2산화탄소, 과잉의 2가철, 각종유기산과 유기물의 분해중간물등이 있으며 이들이 벼 뿌리의 호흡을 방해하여 물과 영양분의 흡수를 억제하고 각종병을 유발하게 된다.

이와같은 토양의 근본적인 관리는 배수를하여 지하수위를 낮추는 것이 좋으나 배수하기 어려울 때는 다른 적절한 관리법, 즉 물관리라든가 시비등으로 어느정도 수량을 높일 수 있다. 특히 소석회의 사용은 토양용액의 pH를 높여 유기산을 줄이고 유화수소등의 유해성분 생성을 억제하기 때문에 고논에서는 석회시용이 바람직하다.

이외에 토양관리로서 객토, 인산 및 칼리 증시와 규산이나 아연등 종합적으로 토양을 개량하면 증수의 효과를 기대할 수 있다. 그림 4는 고논에 대한 종합개량 즉 객토는 점토함량 15%로 조절하고 작토 18cm



(그림 4) 고논의 종합개량효과('81 農技研)

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

에 인산 100ppm과 칼리포화도 4% 조절량으로 사용하였으며 규산은 130ppm, 아연은 유산아연으로 3kg/10a로 종합개량한 결과 벼수량이 12~17% 증수되었다.

마. 염 해 논

간척연대가 오래되지 않아 염의 농도가 높아서 벼생육이 불량한 토양으로서 우리나라에서는 서해안과 남해안에 주로 분포하며 소오다염또는 마그네슘염이 상당히 많이 함유되어 있다.

석고·유황시용으로 제염촉진

염해논의 관리는 무엇보다 담수(淡水)의 환수(換水)에 의한 제염효과가 크나 석고 또는 유황의 사용으로 제염을 촉진시킬 수 있다. 석고는 용해도가 높기때문에 탄산이온(CO₃⁻⁻)이 있는 용액에서 용해되어 탄산칼슘은 침전하고 소오다(Na⁺)가 유황(SO₄⁻⁻)과 함께 세탈하게 된다. 또 유황은 토양중에서 산화하여 황산이되고 황산은 유리염과 반응하고 또 Na교질과 반응하여 소오다를 세탈하게 되므로 제염의 효과가 있다.

이밖에 염농도를 줄이기 위하여 객토를 한다든가 생짚을 사용하면

제염의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 표 7은 석고, 소석회, 탄산석회 및 생짚의 사용에 의한 제염효과를 본 것으로 소석회와 생짚의 경우는 제염효과가 매우 높다.

(표 7) 염해논의 처리별 제염효과 ('67 植環)

구	분	수용성 Na (me/100g)	치환성 Na (me/100g)
관	행	3.70	9.50
석	고	1.40	2.50
소	석 회	0.20	0.56
탄	산 석 회	1.10	3.50
생	짚	0.30	2.01

표 7에서 시험한 염해논의 조건은 수용성 Na가 14.3me/100g와 치환성 Na이 21.8me/100g인 염류토에 석회는 토양 3kg당 4g에 상당하는 석회를 혼합하였으며 생짚은 14g를 분말로 처리하고 지표면을 5cm의 수위로 유지하면서 74일간 씻어낸 다음 남은 염분을 조사한 것이다. 담수(澁水)에 의하여 제염할때는 물을 대기전에 논을 갈고 물을 대어 주면 논을 갈지않고 물을 대어주는 것보다 5배이상의 제염효과가 있는 것으로 알려져 있으므로 염류토에는 반듯이 물대기전에 논을 갈고 물을 대어 제염토록 하여야 한다.

바. 특이산성토

◇ 벼수확후 논토양 이용 및 관리대책 ◇

토양에 황색의 반점이나 덩어리를 볼 수 있을 정도로 유허의 집적이 많아서 산화되면 심한 산성이 되고 환원되면 약산성 또는 중성이 되는 토양으로 우리나라에서는 김해지방에 약 3,000ha의 특이산성토가 분포되어 있다.

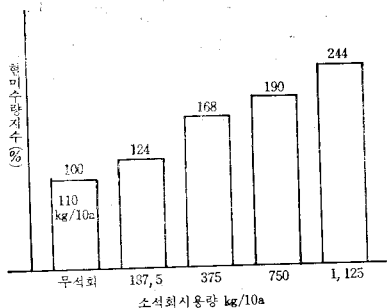
집적된 유산염으로 강산성

이 특이산성토에서 문제가 되는 것은 집적된 유산염으로 토양반응이 매우 강한 산성을 나타낼뿐만 아니라 유리알미늄등 유독성분의 용출이 많고 유효인산이나 칼리가 심히 모자라 작물생육이 매우 불량하다.

객토등으로 토양중화 시켜야

토양관리는 여러가지 방법이 있겠으나 석회 사용, 배수에 의한 산의 세탈 또는 객토로 작토층을 깊게 하여주는 방법등으로 토양을 중화시켜 주어야 하는 것이 무엇보다 중요한 일이라 할 수 있다.

그림 5는 소석회의 사용량 증가에 따라 현미수량이 증수하였으며 10a 당 1,100kg이상의 소석회를 사용하여도 피해는 없으나 이와같은 효과는 오래 지속되지 못하는 것이 보통이다. 그 이유로서는 주위의 산이



(그림 5) 특이 산성토에 대한 소석회시용효과('58·慶南農振)

다시 확산되어 스며들어오기 때문에 곧 산성토양으로 변해버리기 때문이며 만일 이와같은 토양을 개량하려면 주위의 논 전체를 개량하지 않으면 않된다.

특이 산성토를 개량하는데 필지별로 석회를 사용하여 개량하려고 하면 석회의 사용량이 매우 많이 들뿐만 아니라 때르는 경반층(硬盤層)을 만들어 뿌리가 썩어 내려가는데 지장을 주므로 전면적에 대해 적은양의 석회로 개량한다든가 물리적 개량방법을 병행하는 것이 좋다. 그리고 석회를 많이 사용하면 토양용액에는 칼슘이나 마그네슘의 농도가 높아지는 반면 유효인산이나 칼리는 상대적으로 적어지므로 부족되는 인산 및 칼리질 비료를 더 많이 사용하여야 한다.