

젖소의 소화기계 구조와 기능

홍 보 실 김 인 식

소가 입으로 사료를 채식(採食)하여 체내에서 영양분으로 적절히 분해 흡수하고 난 뒤 그 노폐물을 항문으로 배출하기까지의 일련의 긴 소화관을 일컬어 소화기계(消化器系)라고 한다. 젖소는 반추동물로서 4개의 위를 갖고 있으며 젖소의 소화기계는 사료 중에 함유되어 있는 영양을 흡수하기 쉬운 단순한 물질로 환원시켜 장벽을 통해 흡수하고 흡수된 영양물질은 에너지나 젖생산 및 조직구성을 위해 이용됨으로써 소가 생명체로서 활동할 수 있는 원천이 된다.

또한 노폐물과 소화되지 않은 잔존물을 배설하는 역할을 한다.

따라서 이러한 소화기능을 완전히 수행하기 위하여는 저작, 침의 분비, 반추, 소화, 흡수, 배설 등의 과정을 거치게 된다.

한편 섭취한 사료가 체내에서 통과되는 과정 별로 소화관을 구분해 보면 입(口腔), 식도, 위, 소장, 대장 등으로 분류할 수 있겠는데 이해가 쉽도록 하기 위해 설명도 이 순서에 맞춰 진행코자 한다.

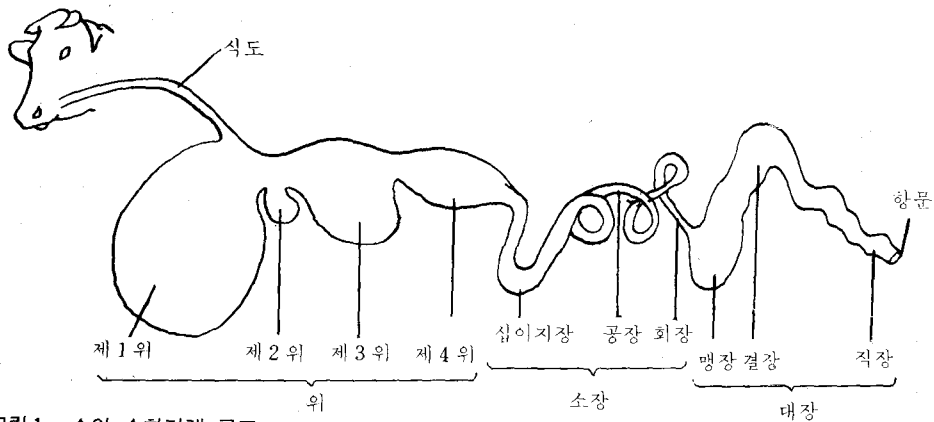


그림 1. 소의 소화기계 구조

입(口腔)에서는 사료를 포착하여 저작(咀嚼)하고 여러 침샘에서 분비되는 침(唾液)을 사료와 섞어 식괴(食塊)를 만들어 식도로 보내는 일이 주작용이므로 이에 필요한 기관과 작용을 알아본다.

소가 사료를 집어서 입안으로 넣는 역할은 혀가 한다. 소의 혀는 두꺼운 근육층으로 이루어

져 있어 신장력이 강하며 길고 힘이 있어 자유로 움직일 수 있고 거칠은 목초나 사료를 잘 움켜쥘 수도 있다. 소의 입술은 거의 고정된 상태이므로 사료를 입안에 넣는 작용과 함께 아래턱의 앞니와 윗턱의 잇몸 사이에 사료를 넣어 짜를 수 있게 해준다.

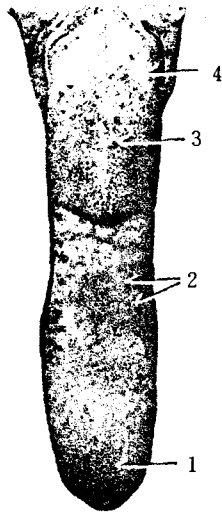


그림 2. 소의 혀

1. 모상유두 2. 버섯형유두
3. 넓고 납작한 유두의 융기 4. 배상유두

혀의 표면에는 많은 유두돌기가 몸쪽을 향해 돌아나 있어 사료를 떨어뜨리지 않고 포착하는데 편리하게 되어 있으며 식피를 식도 쪽으로 밀어넣는 것을 도운다.

소의 이빨은 신체 중에서 가장 단단한 조직으로 이루어져 있으며 에나멜질, 시멘트질, 상아질로 이루어져 있고 그 속에는 치수(齒髓)가 들어 있는데 치수 속에는 혈관과 신경이 들어 있으며, 영양과 성장에 관계된다.

소의 이는 젃니(乳齒)와 영구치(永久齒)로 구분되는데 젃니는 태어나면서부터 수일 내에 앞

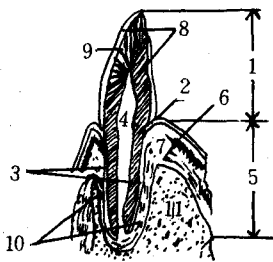


그림 3. 앞니의 구조

1. 치관(齒冠) 2. 치경(齒頸) 3. 시멘트질(牙瑣質)
4. 치수강 5. 치근(齒根) 6. 치육(齒肉)의 표피
7. 치육의 진피(眞皮) 8. 에나멜질(珐瑯質)
9. 상아질(象牙質) 10. 치조골막(齒槽骨膜) 11. 아랫턱

어금니 12개가 돌아나고 약 2 주령이 되면 앞니 8 개 전부가 난다. 소의 치식(齒式)은 보통 한쪽의 치열(齒列)만을 표시하는데 젃니의 치식은 $\frac{0030}{4030}$ 으로서 총 20개의 이를 갖추다.

소의 윗턱에는 두터운 각질 상피세포로 피복된 결체조직의 두꺼운 층의 잇몸만 있을 뿐 앞니가 없다.

영구치의 치식은 $\frac{0033}{4033}$ 으로서 표시된다. 즉 아래턱 앞니 8 개, 송곳니는 없고, 앞어금니 상하 12개, 어금니 상하 12개로써 총 32개로 이루어진다.

이빨의 평균 돌출시기

명 칭	젃 니	영 구 치
첫째앞니(겸 치)	생후 즉시~2 주	생후 1.5~2 년
둘째앞니(내중간치)	"	생후 2~2.5년
셋째앞니(외중간치)	"	생후 3년
네째앞니(우 치)	"	생후 3.5~4 년
첫째어금니	생후 즉시~3·4 일	생후 2~2.5년
둘째어금니	"	생후 1.5~2.5년
셋째어금니	"	생후 2.5~3년
네째어금니	-	생후 5~6 개월
다섯째어금니	-	생후 1~1.5년
여섯째어금니	-	생후 2~2.5년

젃소의 이갈이 시기는 앞에서 언급했지만 품종과 개체에 따라 약간의 차이가 있으나 대체로 전술한 내용과 같다. 따라서 이갈이 현상을 보고 나이를 짐작할 수 있는데 이때 앞니가 이용된다.

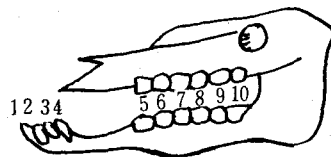


그림 4. 치열과 아빨의 명칭

- 1~4 : 앞니(문치) (1: 겸치 2: 내중간치 3: 외중간치 4: 우치)
5~10 : 어금니 (5~7: 앞어금니, 8~10: 뒷어금니)

젃니는 영구치에 비해서 아주 작고 갈색을 띠는데 턱뼈가 자라면서 사이가 벌어져 있어 영구치와 쉽게 구별된다.

4 세가 되어 앞니 8 개가 영구치로 다 갈게

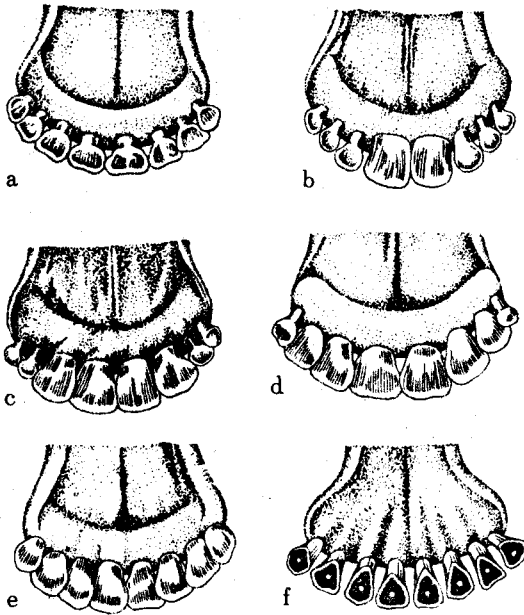


그림 5. 연령에 따른 앞니의 변화

a: 젖니(1년) b: 1.5~2년 c: 2~2.5년
d: 3~3.5년 e: 4년 f: 늙은소(늙어진 모양)

되면 그 후는 사료의 저작에 의하여 내상면(內上面)의 저작되는 부분이 닳아진 모양을 구분하여 나이를 짐작할 수 있다.

소의 소화작용을 기계적 작용과 화학적 작용으로 구별해 볼 때 입에서의 사료 포착과 다음에 설명할 저작 등은 기계적 작용으로써 사료성분을 변화시켜 영양소를 추출하는 화학적 작용의 준비작업이라 할 수 있다.

채식시의 저작은 주로 사료와 침을 혼합하여 식도로 삼키기 위한 식피를 만드는 일이라 할 수 있다. 저작에 소요되는 시간은 사료의 종류나 양에 따라 차이가 있는데 자연상태의 건초 등이 농후사료나 분쇄한 사료에 소요되는 시간보다 길고 사료급여량이 많아짐에 따라 길어진다.

입에서의 소화작용을 돕는 것 중에 중요한 또 하나는 침(唾液)이다.

입 내의 침샘(唾液腺)에서 분비되는 액상물질을 침이라고 하는데 소의 침샘이라는 귀밑샘, 턱밑샘, 앞어금니샘, 혀밑샘, 볼샘, 입천정샘, 인두샘, 입술샘 등이 있다. 여기서 1일 분비되는 침의 양은 급여사료 종류에 따라 다른데 건

초만을 급여했을 때에는 약 150ℓ 정도나 되고 보통은 50~60ℓ 정도가 분비된다. 침은 강한 알칼리성을 나타내고 pH가 약 8.2정도이다. 침 속에는 건물(乾物) 함량이 약 1.0% 이상 있고 중탄산염과 염류를 함유하고 있어 위(胃) 내로 들어갔을 때 미생물 작용에 의하여 생성된 유기산(有機酸)을 중화하여 주며 미생물의 성장과 활동에 알맞은 조건을 만들어 준다. 또한 침은 사료를 식도로 쉽게 삼킬 수 있도록 하는 윤활유 역할 외에도 반추위 내의 거품발생을 방지함으로써 고창증 발생을 억제한다.

사료가 입 안에서 침과 혼합되어 인두쪽으로 밀려가게 되면 인두부에 구성된 근육들이 수축하여 식도로 쉽게 넘어가도록 작용하게 된다.

식도(食道)는 입에서 넘어간 사료가 제1위로 통과할 수 있도록 연결된 약 1m 가량 길이의 관이다.

소의 위는 제1위, 제2위, 제3위, 제4위로 구성되는데 제2위를 일명 벌집위, 제3위를 접주름위 또는 천엽이라고 하고 제4위를 선위(腺胃) 또는 진위(眞胃)라고도 하며 1, 2위를 합하여 반추위, 그리고 1, 2, 3위를 합하여 전위(前胃)라고도 한다.

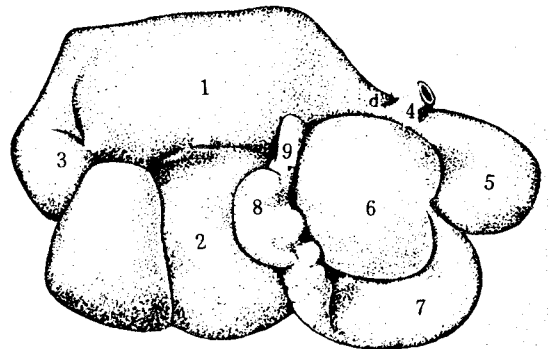


그림 6 위의 구조(우측면)

1. 제1위배낭 2. 제1위복낭 3. 제3위 후맹낭
4. 식도 5. 제2위 6. 제3위 7. 제4위
8. 유문 9. 십이지장

위의 용적은 연령과 체구에 따라서 차이가 있으나 성우의 경우 150~280ℓ 정도의 크기에서 체구가 작은 소는 95~130ℓ 정도에 이르기까지 차이가 있고 전체 소화기계의 약 70%를 차지하는데 그 중 제1위의 용적이 위전체 용적의 80

%를 차지한다.

그러나 갓난 송아지의 경우는 제 4 위만 기능을 발휘하게 되고 1, 2, 3위를 합한 크기의 2 배나 되는 용적을 가지며 약 2.5ℓ 정도가 된다. 따라서 어린 송아지 때 포유되는 액상사료는 식도구(食道溝)가 폐쇄되어 제 1, 2위를 거치지 않고 바로 제 4 위로 가게 된다. 사료를 먹기 시작하면서 제 1 위는 용적이 급격히 커지고 발달하는데 생후 만 4 개월이 되면 1, 2위를 합친 크기가 3, 4위를 합친 크기의 4 배 정도가 되고 성우가 됐을 때는 제 1 위가 위 전체의 80%, 제 2 위가 5%, 제 3 위는 7~8%, 제 4 위가 7~8%의 크기가 됨으로써 제 1 위가 가장 크게 되어 복강 좌측을 거의 다 점유하게 된다.

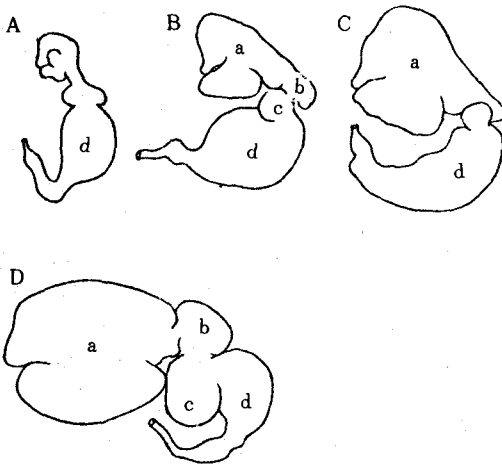


그림 7 성장에 따른 위용적의 변화

A : 생후 3 일 B : 생후 4 주 C : 3 개월 D : 성우
a. 제 1 위 b. 제 2 위 c. 제 3 위 d. 제 4 위

제 1 위는 배낭(背囊)과 복낭(腹囊), 그리고 2 개의 후맹낭(後盲囊)으로 구성된다. 제 1 위 내의 상피(上皮)는 부위에 따라 모양이나 크기가 다른 수많은 유두돌기가 돌아나 있는데 이것은 위내의 표면적을 넓게 함으로써 영양소의 흡수를 용이하게 한다.

식도에서 제 1 위로 들어온 식피는 미생물이 서식하는 위내용물과 완전히 섞이게 된다.

제 1 위 내에는 무수한 세균(bacteria)과 원생동물(protozoa)이 살고 있는데 이 미생물들이 위내의 식피를 발효 작용으로 분해 소화시킨다.

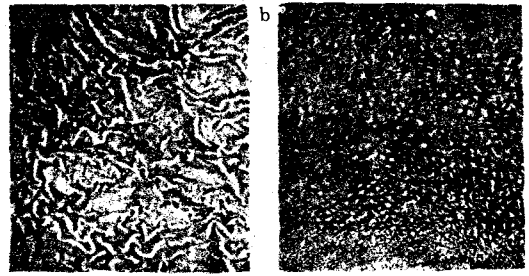


그림 8 제 1 위의 배낭벽(a)과 복낭벽(b)

따라서 제 1 위 내의 소화는 소화효소에 의한 것이 아니고 미생물 발효작용에 의한 것이다. 제 1 위 내의 세균의 종류와 수는 섭취하는 사료의 종류에 따라서 영향을 받게 되는데 세균 중에는 섬유소분해균·젖산균·프로피온산균·단백질 분해균 등 종류가 다른 군군(菌群)들이 살고 있어서 발효작용과 합성작용에 중요한 역할을 담당하고 있다. 제 1 위에서 미생물에 의한 복잡한 소화작용을 세세히 설명한다는 것은 이 글에서 적절하지 않아 생각한다.

한편 일정한 사료를 계속해서 급여할 경우 그 사료에 적응하는 종류의 미생물이 발효작용을 일으키는데 이 때 갑자기 사료를 다른 것으로 변경하게 되면 지금까지의 미생물들이 변화를 적응하는데 늦어져 발효작용에 이상이 생기면서 여러가지 장애를 일으키게 된다.

건초만을 먹이던 소에게 갑자기 사일리지를 먹일 경우 설사를 일으키고 유지방률이 감소한 다든가, 겨우내 축사에서 가두어 사육하던 소를 갑자기 방목지에 방목하거나 무우나 배추 같은 다즙질 사료를 급여할 경우에 일어나는 각종 장애는 바로 제 1 위내의 미생물이 새로운 사료에 대한 적응력이 늦어지면서 야기되는 것이다.

위 내의 미생물들은 거칠은 물을 효소분해하여 섬유막을 파괴시킴으로써 사료 내부에 저장된 양분을 표면으로 노출시켜서 각종 소화액의 작용을 받기 쉽게 한다. 이러한 효소분해에 의해 생산되는 것은 저급지방산과 발효가스이다. 여기서 생산된 발효가스가 제 1 위의 배낭이 수축하면서 식도로 배출되는데 이것을 트림이라고 하며 1 시간에 15~20회 정도가 이루어진다.

제 1 위에서 소화되는 영양소를 간단히 알아보면, 탄수화물은 미생물에 의하여 당(糖)으로 분

해되어 최종으로는 저급지방산, 락트산, 숙신산, 등이 된다. 또한 단백질과 비단백태질소화합물은 세균군의 분해작용을 받아 아미노산이나 암모니아 등으로 변화되며 지방은 세균들이 가지고 있는 지방효소인 리파아제(lipase)에 의해 글리세린과 지방산으로 각각 분해된다. 또한 미생물에 의해 세균 고유의 단백질과 비타민B군, 비타민K 등이 합성된다.

제2위는 제1위와 같은 작용을 하고 내용물도 같다. 따라서 제1위 내의 내용물을 혼합·반추시키고 제3,4위로 이동시키는 조절작용을 한다. 제1위와 제2위, 즉 반추위는 미생물이 서식하기에 가장 알맞은 조건인데 pH가 5.5~7.0정도이고 온도는 39~41°C이며 적절한 영양분이 공급되고 있다. 성우의 제1·제2위 용적은 약 190ℓ 정도인데 단시간에 많은 양의 사료를 여기에 저장하였다가 반추작용으로 소화가 용이한 물질로 만든다.

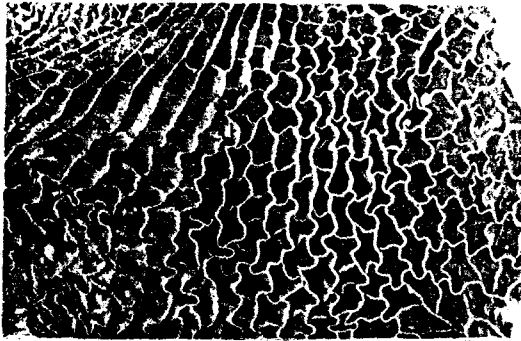


그림9 제2위의 벽

제1·2위에 들어간 사료 중에서 첫발효가 제대로 이루어지지 않은 것은 횡경막, 갈비뼈, 제1위, 제2위 등의 작용으로 인하여 다시 식피를 형성하고 위내의 음압(陰壓)이 증가함에 따라 그 압력에 의해 위내용물은 밀려 식도를 통해 입으로 토해 내게 된다. 이때 1회에 토출되는 식피의 양은 약 100~120g 정도이다. 입으로 넘어온 식피중 액상물질은 즉시 삼키고 나머지는 턱의 좌우 운동에 의해 어금니에서 저작을 하여 약 40~60회를 씹은 후 더 작은 입자로 만든 다음 삼키게 된다.

재저작으로 부드러워진 식피는 연화되어 다시 제1위나 제3위로 들어간다. 1회의 반추는 약

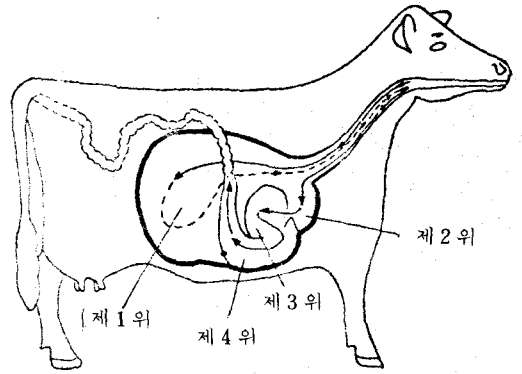


그림10 사료의 통과경로

40~50분간 하게 되며 하루에 약 6~10회의 반추기가 있고 5~7시간을 반추운동에 소비하며 1분간은 약 50~60회 정도인데 약 25,000~30,000회의 반추저작을 하루 중에 진행한다.

채식시 충분히 저장하지 못한 사료를 반추에 의해 잘게 마쇄하여 미생물에 의한 공격면적을 점차 크게 함으로써 마치 연속적으로 새로운 사료가 섭취되는 것과 같은 효과를 갖게 되는 것이다. 그러므로 반추(反芻)라고 하는 것은 제1위 내용물이 입으로 토출되고 내용물과 함께 토출된 액상물질을 삼키거나 입에서 재저작이 이루어진 다음 다시 삼키는 일련의 소화운동을 뜻한다.

제3위는 근엽(筋葉)이 겹겹이 이루어져 있어 겹주름위라고 하는데 화학변화는 거의 없고 위내용물이 통과하는 동안 부드럽게 분쇄해 주는 동시에 수분의 일부를 흡수하는 기계적 작용을 주로 한다.

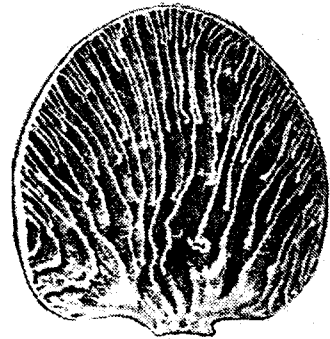


그림11 제3위의 벽

제4위를 일명 진위(眞胃)라고 하는데 그 이유는 단위동물(單胃動物)의 위에서처럼 소화효

소를 분비하기 때문인데 이에 펩시노겐(pepsinogen), 레닌(rennin), 리파아제(lipase) 등의 효소와 염산이 들어 있다. 제4위의 내용물은 수분을 80~90% 정도 함유하고 있어 부드러운 죽모양인데 위산을 분비하므로 pH3.8 정도의 산성이다.

소장(小腸)은 십이지장, 공장(空腸), 회장(回腸) 등으로 구분되는데 제4위에서 소화된 내용물이 소장의 맨 뒷부분에 위치한 십이지장에 들어와 공장, 회장의 순서를 거친다. 위에서 내려온 내용물이 대부분 산성을 띠는데 소장에서 체장액(pH 8) 담즙(pH7.4) 장액(腸液pH7.7) 등에 의해 산성은 약화되고 회장에 이르게 되면 완전한 알칼리성이 된다. 소장 내에서 지방은 지방산과 글리세린으로, 단백질은 아미노산으로, 그리고 탄수화물은 과당(果糖)과 포도당으로 각각 분해되며 분해된 최종산물은 소장벽에서 혈관이나 림프관을 거쳐 흡수하게 된다.

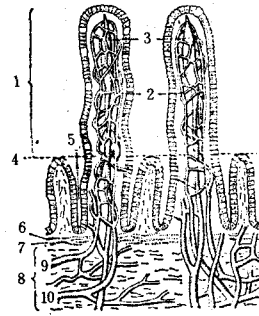


그림13 소장의 흡수장치

1. 용모 2. 용모안의 혈관 3. 중심용모강
4. 점막면 5. 장선(腸腺) 6. 고유층(固有層)
7. 점막근관 8. 점막하직 9, 10혈관(동·정맥)

아지는데 식피가 소장으로 통과하는 동안 장벽 근육의 수축과 이완작용에 의해서 형성되는 연동운동(蠕動運動)과 울동적인 분절운동(分節運動)이 계속되어 영양분을 보다 많이 흡수하게 된다.

대장(大腸)은 맹장(盲腸), 결장(結腸), 직장(直腸)으로 구별되는데 길이는 약 10m이고 직경은 약 5~12cm 정도 굵기이다.

대장에서는 주로 수분을 흡수하고 소장에서 내려온 내용물의 효소에 의해서 소화가 계속되는데 약간의 끈적끈적한 점액을 분비해서 분피의 표면을 부드럽게 하여 배변이 잘 되게 한다. 미생물에 의한 분해작용은 맹장에서 가장 왕성하고 결장에서도 계속되나 직장에서는 수분의 흡수가 왕성해진다.

직장을 통과한 분피는 항문을 통하여 똥으로 배출되는데 성우가 1일 배설하는 똥의 양은 약 30~40kg으로서 미소화(未消化)된 사료, 소화효소, 소화기관 내의 노후화된 세포, 미소화된 미생물, 체내 대사산물 등이 똥으로 배설된다.

입으로 채식한 사료가 항문으로 배설되기까지 소화물의 장내 통과속도는 조사료에 비하여 농후사료가 반추작용이 적고 미생물에 의한 소화작용도 적으므로 빠르고, 사료섭취량이 증가할수록 빨라진다.

전초의 경우 급여 후 12~24시간경에 처음 똥으로 배출되고 70~90시간경에 전체의 80%가 배설되며 전부가 배설되기까지는 약 6~7일이 소요되는 것으로 알려지고 있다.

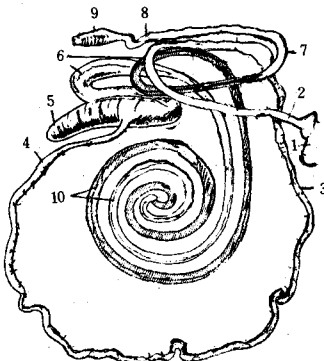


그림12 장의 구조

1. 제4위 2. 십이지장 3. 공장 4. 회장
5. 맹장 6. 대장 7. 대장횡단부 8. 대장하행부
9. 직장 10. 대장의 회전부

성우의 소장은 길이가 약 40m 이고 직경은 약 5cm이며 여러 겹의 판으로 이루어져 있는데 길이에 비해 직경이 너무 작기 때문에 붙여진 이름이다. 소장에는 그림과 같은 용모(絨毛)가 무수히 돌아 있는데 이것은 장에서 분비되는 소화효소와 장내용물을 잘 섞이게 하고 영양소를 완전히 흡수할 수 있도록 표면적을 증가시키는 기능을 한다.

소장에서 소화작용은 십이지장에서 가장 왕성하고 공장, 회장으로 갈수록 소화흡수율은 낮