강남콩과 귀리뿌리중의 ATPase活性의 特性에關한 硏究

柳 長 杰

Characterization of ATPase activity in the roots of bean and oat.

Zang kual U.

Summary

Soluble adenosine triphosphatase(ATPase) from plant roots was investigated in relation to the enzyme activation by Mg^{2+}, K^+, and the other reaction factors such as pH, temperature, and time. The ATPase solution was prepared from the roots of bean(*Phaseolus vulgaris*) and oat(*Avena sativa*) by centrifuging at 80,000 g after extraction of 0.25M-sucrose buffer solution.

The ATPases in both bean and oat roots were activated by Mg^{2+} and K^+.

The ATPase from bean roots had an optimum pH of 7 for ATP hydrolysis reaction while ATPase from oat roots gave a pH 9.

The maximum activation of ATPase was shown at 1.6 M-KCl in bean roots and 0.4 M-KCl in oat roots.

The activity of ATPase in oat roots was increased rapidly from 5 days to 7 days after germination.

Higher temperature and longer reaction time raised ATPase activity but did not change the characteristics of Mg+K dependent ATPase activation.

緖 言

植物에 의한 養分의 積極的吸收에 관해서는 지금까지 많은 學者들에 의해서 硏究되어왔지만 아직도 정확한 機作이 밝혀지지 않은 實情이다. Atkinson 등(1967)은 당근의 節管部에 염화칼륨이 能動的으로 축적됨과 동시에 ATP함량이 감소되며 특히 이같은 현상은 염기적 조건에서 더욱 두들어지게 나타난다고 했다. 그러나 그이유가 능동적인 이온운송에 의한 ATP의 소모때문인지 아니면 경쟁적인 監類吸收로 인하여 ATP 生成이 감소되어서인지는 分明치 않았고 당근이나 사탕무우의 뿌리에서 얻어진 수용성 ATP_{ase}가 염화나트륨이나 염화칼륨에 의해서 活性化되고 Ouabain에 의해서는 저해받지 않는다고 보고했다. 일찌기 Skou (1957)가 처음으로 ATP_{ase}의 존재를 말초신경계에서 발견한 뒤에 Schoner 등 (1967)은 소의 뇌로부터 나토륨과 칼륨에 의해서 活性化되는 ATP_{ase}를 分離하고 이것이 마그네슘이온에 의해서도 活性化됨을 밝혔다. Hodges 등 (1972)은 귀리의 뿌리로 부터 원형질막내의 ATP_{ase}를 分離해내고 一價의 陽이온에 의해서 活性化됨을 보고한바 있다. 한편 McClurkin 등(1967)과 Hall (1969)은 ATP_{ase} 활성이 세포내외 염류조건뿐만 아니라 細胞外部의 이온組成에 의해서도 左右되긴 하지만 이것이 이온의 能動的吸收에 직접 관여하는지에 대해서는 不確實하다고 주장했다. 이와같이 ATP_{ase}는 동물세포내에서 처음 發見된 뒤부터 生體內 代謝에서 多方面으로 역할할것으로 믿어졌기 때문에 많은 硏究가 수행되었는데 서로 相反되는 주장과 一致하는 結果가 속출했던바 본실험에서는 강남콩과 귀리를 실험자료로 사용해서 mitochondrial 및 microsomal 분획에 존재하는 ATP_{ase}의 특성을 몇가지 관점에서 살펴보았다. 즉 발아시킨 뒤 경과된 날짜, ATP_{ase} 반응조건에서의 pH, 칼륨이온의 농도, 온도및 시간, 마그네슘이온의 존재유무등에 따라서 活性度가 어떻게 달라지는지를 관찰하므로써 ATP_{ase}가 植物根에서 행하고 있는 生理的代謝機能을 硏究하는데 기초자료를 제공하고져 한다.

材料 및 方法

1) 供試植物의 培養

강남콩(*Phaseolus vulgaris*) 또는 귀리(燕麥 : *Avena sativa var.* Goodfield)를 暗條件에서 生育溫度를 25℃±2℃로 조절하고 키웠는데 1mM-$CaCl_2$ 용액(또는 Hoagland용액) 2.5 ℓ를 담은 4 ℓ 짜리 비커에 스텐레스철망을 수면위에 나오도록 설치하고 그 위에 네겹의 무명천을 덮은다음 거기에 종자를 올려놓고 발아시켰다. 염화칼슘용액과 종자사이는 5 ㎝이상이었으며 계속하여 펌프를 이용하여 通氣하므로써 白色의 건전한 뿌리를 얻을 수 있었다. 生育期間은 5~8일간이었고 약 5 ㎝ 길이의 뿌리를 試料로 채취했는데, 每回 20개(강남콩) 또는 100개(연맥) 정도의 幼苗를 使用했다.

2) ATP_{ase}를 함유하는 시료용액의 조제

이상에서 얻은 뿌리를 생체중으로 16 g정도 절단하여 증류수에서 3회 세척해주고 얼음속에 냉각시킨 유발내에서 조직을 파괴시킨다. 이때 0.25M-sucrose용액을 64 ㎖가해서 효소의 活性을 유지시켜주는데 이용액은 3 mM-EDTA, 25 mM-Tris, 25 mM-MES를 함유하고 있다. 뿌리를 충분히 마쇄시킨뒤에는 homogenizer로 세포를 더 파괴시킨 다음 무명천을 이용하여 찌거기를 걸러내고 여액은 고속냉동원심분리기로 분획하게되는데 우선 13000 g에서 15분간 처리하고 분리관의 밑바닥에 가라앉은 찌거기에는 이상의 sucrose medium 6 ㎖씩을 다시 넣고 흔들어서 현탁액을 만든다음 다시 원심분리를 반복한다. 상층액을 다른 원심분리관에 옮기고 80000 g에서 30분간 원심분리시킨다. 여기서 얻는 상층액은 버리고 원심분리관에 남은 고형물에 sucrose medium 10 ㎖를 가해서 한번더 같은 조작을 반복한뒤에 효소액으로 사용한다.

3) ATP_{ase}반응조건및 활성도 측정

반응액의 최종총용량은 2.1㎖가 되도록 하였고 반응액의 조성은 PH를 HCl로 7.0으로 조절한 완충액(Tris-MES-HCl) 1㎖, 20% TCA(CCl_3COOH) 용액 0.1 ㎖, 12 mM-$MgSO_4$ 0.25㎖ 24mM-ATP용액 0.25 ㎖, 400mM-KCl 0.25㎖ 그리고 최종용액의 체적을 일정량 (2.1 ㎖)으로 하기위해서 증류수를 적당량 가했다. 실험의 내용에 따라 완충액의 PH를 바꿔주거나 KCl, $MgSO_4$의 증감을 해했고 반응은 0.1㎎ 정도의 단백질을 함유하는 ATP_{ase} 용액을(0.05~0.1 ㎖) 가해줌으로 시작되었고 특별한 경우를 제외하고는 35℃에서 30분간 진탕수욕에서 반응시킨뒤에 TCA로 효소반응을 정지시키고 얼음을 채운용기에 옮겨서 속히 냉각시킨다음 침전된 단백질등을 10000 rpm에에서 2분간 원심분리하여 제거한다. 이와같이하여 얻은 용액중에 존재한 무기인산을 발색시켜서 흡광광도분석계로 인산을 정량하여 ATP_{ase} 활력을 측정케되는데 조금더 자세하게 서술하면

Biuret test에 의한 단백질의 정량

① 표준 albumin용액의 농도결정은 10㎖ H_2O에 100㎎ albumin을 녹인것을 표준저장 용액으로 하고 이것을 물로 50배 희석해서 수소 lamp을 이용 280 nm파장에서 흡광도(E 280)를 읽고 공식 50 × E 280 × 1.30에 흡광도를 대입하여 ㎖당 단백질의 ㎎수로 계산된 값을 얻는다.

② 이상과 같이 albumin표준용액의 정확한 농도를 알아낸 뒤에 Biuret 반응을 이용한 검량선을 만든다. 발색시약은 1.5 g 황산동과 6.0 g의 Na-K tartarate를 물에 녹혀 500 ㎖로 하고 여기에 10% NaOH 300 ㎖를 가한뒤에 증류수로 1 ℓ용량이 되도록 채워서 만든다. 이용액 8 ㎖와 표준albumin용액 ATP_{ase} 용액을 반응시키고 물로 10 ㎖가 되도록 한뒤에 30분간 방치한뒤에 550nm에서 흡광도를 측정하고 표준albumin용액으로부터 만들어지는 검량선에 의해서 조제된 ATP_{ase}의 단백질함량을 ㎎/㎖로 결정하게된다.

인산의 정량

암모늄모리브데이트에 의한 발색법을 이용했는데 이때 가해주는 10% ascorbic acid의 강산성 때문에 ATP의 가수분해가 부가적으로 일어났기 때문에 ascorbic acid 대신 $SnCl_2$를 사용했다. KH_2PO_4를 용해시켜 표준용액으로 만들었으며 발색시약 6.0 ㎖를 효소반응을 완결시킨 시료용액 또는 인산표준 용액에 가해주고 시험관내에서 45℃로 유지시킨 수욕상에 5분간 반응시킨뒤 얼음상자내에서 냉각된 다음 660nm에서 측정했다.

이상과 같이 식물뿌리로 부터 추출해낸 ATP_{ase} 용액에 대한 단백질함량을 Biuret test로 정량하여 mg

Protein/㎖ enzyme 의 값으로 알아내고 이효소용액을 일정량 취해서 ATP와 일정시간 반응시키고 여기에서 ATP→ADP+Pi 에 의해서 유리되는 무기인산을 전술한 바와 같이 비색정량하면 uMPi/㎖ enzyme 의 값으로 얻게된다. 따라서

$$\frac{\text{uMPi}/\text{㎖ enzyme}}{\text{㎎ protein}/\text{㎖ enzyme}} = \text{uMPi}/\text{㎎ protein}$$

로 표시할 수 있기 때문에 ATP_{ase}의 활성도를 어떤 반응조건에서 작용시킨 단위시간당으로 즉 uMPi/㎎ protein·hr의 단위로 나타낼수 있게된다.

4) ATP_{ase}의 반응조건부여

식물근으로 부터 sucrose 완충액으로 추출 원심분리하여 얻게되는 ATP_{ase}의 특성을 조사하기 위해서 반응조건을 여러가지로 다르게 부여했는데 기본적인 처리방법은 표 1에 나타낸바와 같다.

Table 1. Pipetting schedule for ATP_{ase} determination (in ml)

Sample No.	Enzyme Soln.	0.4 M KCl	Buffer (pH=7.0)	24 mM ATP	12 mM $MgSO_4$	H_2O	20 % TCA	Std.Pi Soln.
1	0.1	0.25	1.0	0.25	0.25	0.15	0.1	
2	0.1	0.25	1.0	0.25	0.25	0.15	0.1	
3	0.05	0.25	1.0	0.25	0.25	0.20	0.1	
4	0.05	0.25	1.0	0.25	0.25	0.20	0.1	
5	0.1		1.0	0.25	0.25	0.40	0.1	
6	0.1		1.0	0.25	0.25	0.40	0.1	
7	0.05		1.0	0.25	0.25	0.45	0.1	
8	0.05		1.0	0.25	0.25	0.45	0.1	
9		0.25	1.0	0.25	0.25	0.35		
10		0.25	1.0	0.25	0.25	0.35		
11	0.1					1.9	0.1	
12	0.1					1.9	0.1	
13	0.05					1.95	0.1	
14	0.05					1.95	0.1	
15						1.7		0.4
16						1.7		0.4
17						1.3		0.8
18						1.3		0.8
19						2.1		
20						2.1		

표 1은 반응액의 총체적을 2.1 ㎖로 했을때를 기준으로 한것으로

① Enzyme 용액은 활성도를 알고저 하는 ATP_{ase}용액이 어떤 식물에서 어떻게 준비되었는지 또는 반응시키는 량을 조절하든가에 따라서 달라지는 변수가 된다. 본표에서는 효소용액을 0.1 ㎖와 0.05㎖로 달리한 처리로서 사용해야할 효소용액의 적정량을 알아내기 위한 경우를 나타낸다.

② 0.4 M-KCl 은 ATP_{ase}가 K^+의 존재여부 또는 K^+의 농도에 따라서 활성이 어떻게 변하는 가를 조사하기 위한 처리로써 주어졌으며 표 1에서는 약 0.05 M의 K^+존재유무에 따른 ATP_{ase}활성도 변화를 알기 위해 주어진 조건이다.

③ Buffer 용액은 효소의 안정도를 위해서 필수적으로 가해지는 것이며 효소의 적정 pH를 알아내기 위해서는 pH값을 달리한 완충용액을 변수로 넣어줄수 있

는데 표에서는 pH 7로 고정시키고 다른 요인들을 비교하는 경우이다.

④ 24 mM-ATP 용액은 Na_2ATP 150 ㎎을 물 50 ㎎에 녹이고 Amberite IRC-50(H) 2.5 g과 혼합하여 한시간동안 충분히 진탕시킨뒤에 여과하여 H_2ATP 형태로 조제된 것으로 본표와 같이 처방하면 반응액내에서 약 3.0 mM의 농도를 갖게된다. 이것은 ATP_{ase}의 기질로 작용하여 가수분해 된 다음에 방출되는 Pi 량으로 효소의 활력을 알아내는 수단으로 사용되기 때문에 제조한뒤 시일이 많이 경과하거나 저장상태가 불량하면 자연가수분해 되어서 실험의 精度를 크게 떨어트린다.

⑤ 12 mM-$MgSO_4$ 용액도 KCl 용액과 비슷하게 효소의 활성화에 필수적인것으로 알려진 것으로 Mg^{2+}의 존재유무 또는 다른 일가양이온과의 상호관계를 관찰하기 위해서 처리된다. 표 1의 조건에서는 반응액내의 $MgSO_4$ 농도가 약 1.5 mM이 된다.

⑥ H_2O는 각기 다른 처리에 따라 반응액의 체적이 같지 않기때문에 최종용적을 일정량으로 해주기 위해서 가해지는 것이다. 체적을 동일하게 만들므로써 반응물질들의 농도 역시 균일토록 해줄수 있게된다.

⑦ 20% TCA는 단백질을 침전 시킴으로써 효소반응을 신속하게 정지시킬수 있으므로 모든 시험관에 거의 동시에 가하여 반응시간을 동일하게 해 준다.

⑧ Std. Pi 용액은 인산정량을 위한 검량선을 만들때와 발색조건등이 같지 않을수 있기 때문에 매회 두 수준의 표준인산용액을 시료와 함께 반응시켜서 보정할 수 있도록 했다.

⑨ 모든 처리는 복잡성을 덜기 위해서 두반복만을 했고 sample No 1과 2는 효소용액을 0.1 ㎖, 3과 4는 0.05 ㎖ 사용했고 Mg^{2+}과 K^+공존시의 ATP_{ase} 활성을 보기위한 처리이고 sample No 5와 6 그리고 7과 8은 Mg^{2+}만 존재하고 K^+가 없을때 효소용액을 각각 0.1 ㎖, 0.05 ㎖ 사용하여 활성화도를 보기위한 처리이다. sample No 9와 10은 효소용액이외의 즉 KCl, Buffer, ATP $MgSO_4$로 부터 들어오는 Pi를 보정하기위한 Blank treat ent이다. sample No 11과 12, 13과 14는 효소용액중에 애당초 존재할 수 있는 무기태의 인산의 량과 TCA용액등으로 부터 혼입되는 인산을 제거해주기 위한 blank 처리이다.

sample no 15 ~ 18은 ⑧에서 언급한바와 같이 표준인산용액을 시료와 동일한 조건에서 발색시키고 비색하기 위해선 필요하다. 19와 20은 단순히 증류수로 실험의 전과정에서 사용되는 것인데 흡광분광광도계의 영점을 잡기위해서 필요한 것이다.

이상 표 1에 관한 설명은 실험진행 과정과 반응조건의 처리를 달리해주는 내용을 모두 설명하는 대신에 한가지 예를 들어서 주어진 것이다.

結果 및 考察

1) 강남콩 뿌리를 분쇄하여 sucrose 완충액으로 추출한것을 12000 g에서 원심분리시켜 얻은 분획을 A라 하고 80000 g에서 얻은 분획을 B라고 표시했는데 이것은 Fisher 등(1969)이 했던바와 같이 A가 mitochondrial 이고 B는 microsomal 에 해당된다. A에 있는 ATP_{ase} 활성도는 1.7 uMPi/㎎ protein·hr 로써 B의 1.3 인것 보다 높은 값을 갖었는데 Fisher 등(1969)은 연맥의 뿌리로 부터 얻은 microsomal 분획이 5.86으로 mitochondrial 분획의 3.97 보다 오히려 높았다. Winter-Sluiter 등(1977)과 Läuchli 등(1977) 이 보리뿌리에 대한 細胞化學的 硏究에서 보고한것처럼 식물세포내에 있는 여러가지 종류의 膜들에 모두 APT_{ase}가 존재하고 있다. 그런 까닭에 Hendricks 등(1977)이 지적한바와 같이 膜分劃의 同定이 곤란한 문제가 된다. 특히 이온의 흡수와 축적에 중요한 구실을 하고 있는 Plasmalemma 와 tonoplast 에

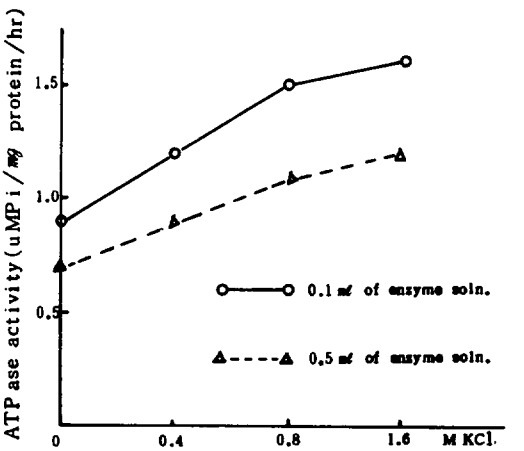

Fig 1. Effect of KCl concentration on ATPase activity in bean roots

는 독특한 marker 가 없기 때문에 더욱 그러하다. 여하튼 本報에서는 microsomal 에 해당되는 80000 *g* 分劃에 대해서만 취급했다.

조제된 효소용액의 단위체적당 함유하는 단백질양은 평균 10 *mg* Protein/*ml* 정도이었는데 대략 4～15 *mg* protein/*ml* 의 범위이내였다.

그림 1에서 강남콩뿌리에서 추출된 ATP$_{ase}$는 KCl에 의해서 활성화되었으며 1.6 M에서 거의 포화되었다. 그림에 나타낸 바와 같이 사용한 효소액의 부피에 정비례해서 ATP$_{ase}$가 증가되지는 않고 非直線性을 보이고 있다. Rungie 등(1973)이 순무의 microsomes 에서 얻은 ATP$_{ase}$는 pH 8.5 가 적정이었는데 강남콩뿌리의 경우는 pH 7.0이 ATP$_{ase}$의 활력이 최고가 되는것

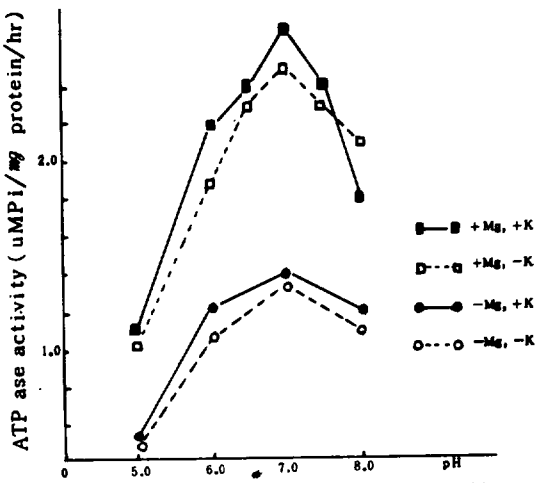

Fig 2. ATP ase activity varying with different pH values and combination of Mg^{2+} and K^{+} in bean roots.

을 그림 2에서 볼수 있다. Rungie (1973)도 보고한 바와 같이 이 ATP$_{ase}$는 Mg^{2+}에 의해서 活性化된다고 했는데 그림 2에서도 +Mg 일때가 −Mg 보다는 항상 더높은 ATP$_{ase}$活力을 나타내고 있다. K^{+}의 效果도 인정되고 있으나 Mg^{2+}처럼 강하지는 못했다.

표 2는 강남콩을 생육시키는 배양액에 K를 공급했을 때와 결제시켰을때 뿌리중에 들어있는 ATP$_{ase}$가 K와 Na의 존재비율에 따라 어떻게 달라지는가를 본것인데 일정한 경향이 없는 것으로 나타났고 오직 K를 결제시켜서 키운 경우가 더 높은 ATP$_{ase}$ 活性度를 갖고 있었다. Middelton 등 (1970)은 $Na^{+}-K^{+}$에 의존하

Table 2. Effect of (K + Na) ratios on ATP$_{ase}$ activity of bean roots from +K medium and −K medium.

Ratios		ATPase activity (uMPi/mg protein/hr)	
K	Na	+K medium	−K medium
100	0	0.40	0.50
75	25	0.34	0.48
50	50	0.41	0.53
25	75	0.38	0.54
0	100	0.42	0.52

는 ATP$_{ase}$의 一價이온 活性化에 대한 動的硏究에서 ATP$_{ase}$는 活性이 있는 위치가 세군데이고 구조적변환에 의해서 Na/K 펌프구실을 할수 있다고 제안한바있지만 Na와K의 조성비에 따른 ATP$_{ase}$의 활성변화는 본실험에서 큰차이가 없었다.

2) 연맥뿌리에 대해서도 강남콩의 경우와 비슷한 견지에서 검토되었는데 그림 3에서와 같이 KCl 농도에 따

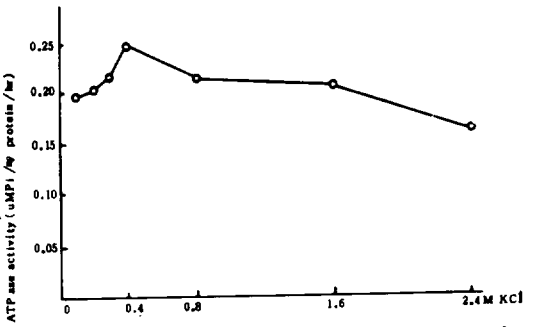

Fig 3. ATP ase activity and KCl concentrations in oat roots.

른 ATP$_{ase}$의 활력을 보면 0.4 M에서 최고값을 갖고 있다. 강남콩의 뿌리에서는 ATP$_{ase}$活力이 최고가 되는 반응액의 PH값이 7이었지만 연맥에서는 PH 9로 관찰되었다 (그림 4) Rungie 등 (1973)이 순무에서 pH 8－8.5가 최적이었다고 한것을 생각하면 식물에 따라 microsomal 分劃에서의 ATP$_{ase}$ 活力이 최적이 되는 pH값이 특이한것으로 볼수 있다.

그림 5에서 보면 우선 연맥을 발아 시켰을때 5일후,

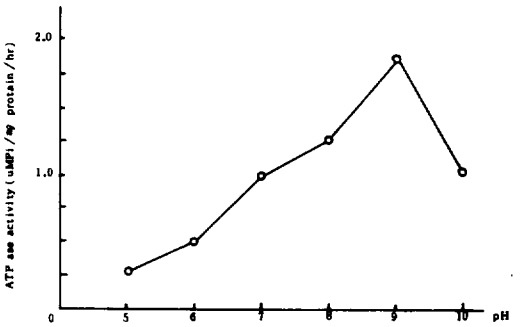

Fig 4. Effect of pH on ATP ase activity in oat roots.

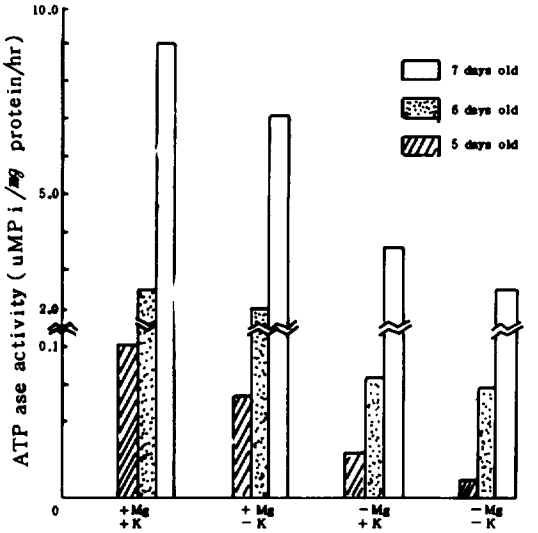

Fig 5. Changes of ATP ase activity in oat roots by K, Mg combination effect at the differnt days after germination.

6 일후, 7 일후에 각각 ATP_{ase} 활성이 급격히 변하고 있음을 알수 있다. 씨앗이 발아된뒤 시간이 경과 함에 따라 외부로 부터 양분의 공급이 점점 더 많이 요구된다는 것은 잘 알려진 것인바 Leonard 등 (1976) 이 주장한 데로 ATP_{ase}가 이온흡수를 주로 담당하는 plasmalemma 나 tonoplast에 존재한다면 당연히 活性이 증가되어야만 이온운송에 필요한 에너지를 공급할 수 있으리라 생각된다. Sze 등 (1977) 은 이온흡수의 선택성이 ATP_{ase}의 특이성 때문이라고 설명하고 그 외에도 특이한 담체 (Carrier) 나 상이한 확산속도에 의한 것이라고 보고했다.

강남콩뿌리에서와 비슷하게 Mg^{2+}가 존재할때 항상 ATP_{ase} 活力이 컸고 Mg^{2+}의 존재에 관계없이 또한 K^{+}가 있을때 活力이 증가했는데 이는 Fisher 등 (1969) 이 二價이온이 없을때 一價이온만으로는 무효라고 주장한 것과는 다르다고 하겠다.

Table 3. Influence of reaction time and temperature on ATP_{ase} activity in relation to K and Mg conditions in oat roots.

Reaction time (min.)	Reaction temp (C°)	Mg	K	ATP_{ase} activity (μ MPi/mg protein/hr)
30	35	+	+	0.31
		+	-	0.30
		-	+	0.20
		-	-	0.18
30	45	+	+	0.35
		+	-	0.31
		-	+	0.23
		-	-	0.21
60	30	+	+	0.37
		+	-	0.35
		-	+	0.24
		-	-	
60	45	+	+	0.42
		+	-	0.36
		-	+	0.27
		-	-	

표 3 은 ATP_{ase} 반응조건중에서 온도와 시간을 달리했을때에 대한 결과인데 Kuiper (1972) 가 강남콩뿌리를 사용해서 ATP_{ase} 活力에 대한 Q_{10} 값을 반응온도에 따라 관찰한 결과로는 저온일때가 고온에서 보다 Q_{10} 값이 크다고 했다. 표 3 에서 보면 반응시간과 반응온도를 증가 시켰을때 ATP_{ase} 活力이 증가된것 만은 확실하나 이것의 직선성여부에 관해서는 알수 없다.

Literatures Cited

Atkinson, M.R. and G.M. Polya. 1967. Salt-simulated adenosine triphosphatases from carrot, beet and chara australis. Australian J. Biol. Sci. 20:1069-1086.

Fisher, J. and T.K. Hodges. 1969. Monovalent ion stimulated adenosine triphosphatase from oat roots, Plant Physiol. 44-3: 385-395.

Hall, J.L. 1969. A histochemical study of adenosine triphosphatase in young root tips. Planta (Berl.). 89:254-265.

Hendricks, T. 1977. Multiple iocation of K-ATPase in maize coleoptiles. Plant Sci. Lett. 9:331-363.

Hodges, T.K., R.T. Leonard, C.E. Bracker, and T.W. Keenan. 1972. Purification of an ion-stimulated adenosine triphosphatase from plant roots.

Kuiper, P.J.C. 1972. Temperature response of adenosine triphosphatase of bean roots as related to growth temperature and to lipid requirement of the adenosine triphosphatase. Physiol. Plant. 26:200-65.

Läuchli, A., D. Kramer, E. Sluiter, and J. Gullasch. 1977. Function ox xylen parenchyma cells in ion transport through barley roots: Localization of ions and ATPase, pp469-476. In: Transmembrane ionic exchanges in plants. M. Thellier, and A. Monier, M. DeMarty, and J. Dainty (eds.). Paris-Rouen: C.N.R.S. and Univ. Rouen.

Leonard, R.T. and W.J. VanDerwoude. 1976. Isolation of plasma membranes from corn roots by density gradient centrifugation. Plant Physiol. 57:105-114.

McClurkin, I.T. and McClurkin, D.C. 1967. Cytochemical demonstration of a sodium-activated adenosine triphosphatase in loblolly pine seedling root tips. Plant Physiol. 41:1103-1110.

Middelton, H.W. 1970. Kinetics of monovalent ion activation of the (Na^+-K^+)-dependent adenosine triphosphatase and a model for ion translocation and it's inhibition by the cardiac glycosides. Arch. Biochem. Biophys. 136:280-286.

Rungie, J.M. and J.T. Wiskich. 1973. Salt-stimulated adenosine triphosphatase from smooth micrsomes of turnip. Plant Physiol. 51:1064-1068.

Schoner, W., C. von Ilberg, R. Kramaer, and W. Seubert. 1967. On the mechanism of Na^+-and K^+-stimulated hydrolysis adenosine triphosphate. European J. Biochem. 1:334-343.

Skou, J.C. 1957. The influence of some cations on an adenosine triphosphatase from peripheral nerves. Biochim. Biophys. Acta 23:394.

Sze, H. and T. K. Hodges, 1977. Selectivity of alkali cation influx across the plasma membrane of oat roots. Cation specificity of plasma membrane ATPase. Plant Physiol. 59:641-646.

Winter-Sluiter, E., A. Läuchli, and D. Kramer. 1977. Cytochemical location of K^+-stimulated adenosine triphosphatase activity in xylem parenchyma cells of barley roots. Plant Physiol. 60:923-927.

摘　　要

강남콩(*Phaseolus vulgaris*)과 귀리(*Avena sativa*) 뿌리를 마쇄하고 0.25 M- sucrose완충용액으로 추출한다음 80,000 g로 원심분리하여 microsomal 분획내에 존재하는 ATP...의 용액을 조제해서 칼륨과 마그네슘 및 몇가지 요인에 의해 달라지는 ATP...활성의 특성을 조사했다.

강남콩과 귀리에서 모두 마그네슘 및 칼륨에 의해서 ATP...는 활성화 되었는데 마그네슘에 의한 활성화가 더욱 현저했다. 효소를 최고로 활성화 시키는 칼륨의 농도는 강남콩의 경우가 1.6몰인 반면 귀리에서는 0.4몰 농도였다.

ATP...의 반응을 위한 적정 PH값은 강남콩의 경우 7인 반면에 귀리에서는 9였다. 귀리뿌리중의 ATP... 활성은 발아후 5일에서 7일 사이에 급격히 증가하였다. 효소반응에 의한 온도와 시간을 증가시키면 ATP... 의 활성이 증가했으며 마그네슘과 칼륨에 의한 활성은 그대로 유지되었다.