

植物吸收离子的节奏性

范培昌 丘泉發

(生物系)

提 要

植物無論吸收大量元素或是微量元素都存在节奏性。在植物吸收矿质离子的过程中不仅仅表现了吸收强、弱的周期交替，而且也存在着吸收和排出离子的节奏交替。植物吸收 K^+ 和 Ca^{2+} 的节奏趋向相反，植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 的节奏趋向也有类似现象。

14小时的暗期诱导并不能消除黄麻新长一号（典型的短日照植物）吸收离子的节奏性，但能增加节奏幅度并且随诱导天数的增加夜间出现的节奏周期在时间上发生了移动。

50 P.P.m. 的赤霉素能明显地促进花生幼株的生长，却不能消除离子吸收的节奏性。但是花生吸收微量元素的节奏周期的性质改变很大，不仅明显地增加了吸收 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 的节奏幅度，而且排出 Zn^{2+} 的现象消失了。说明了植物吸收离子的节奏依从于内、外条件。

一 前 言

植物的许多生理过程存在着节奏性，例如根压^[23]、伤流^[10]、蒸腾作用^[15]、呼吸作用^[21]、光合作用^[19]、根系合成^[16]、叶绿素的生物合成^[9]、抗坏血酸的生物合成^[8]、叶子运动^[10,17,20]、植物生长^[14]等等。显然，研究植物生理过程的节奏性有重要的实践和理论意义^[7,24]。

关于植物吸收离子的节奏性目前报导的还不多。И.И.Гунар及其同事(1957—1959)确证植物吸收离子存在着节奏性，提出植物不仅吸收离子而且排出离子^[12]。认为环境酸度、氧含量、光周期等等都不能消除植物吸收离子的节奏周期。他根据植物吸收 K^+ 、 Ca^{2+} 节奏周期的相反趋向假定植物界亦存在着“离子唧筒”^[6,13]。Е.Е.Красина及其同事研究了不同光长和光强对植物吸收离子节奏的影响，提出6:6的光-暗反常条件能使蕃茄吸收离子的节奏周期暂时和此条件同步，但经16昼夜后这种同步现象逐渐减弱甚至消失而恢复到正常光-暗条件下的

节奏周期^[10]。最近又提出在恒定的温度下连续照光时,植物吸收节奏会渐渐消除,但若连续的光照是由8000和150—500勒克司光强度交替组成的话,植物又能恢复吸收离子的节奏性^[18]。认为光强在此条件下是植物吸收离子节奏的时间指标。

本文应用示踪原子和极谱分析等方法研究了三种作物吸收 P^{32} 、 S^{35} 、 K^+ 、 Ca^{++} 、 NO_3^- 、 Mg^{++} 、 Zn^{++} 、 Cu^{++} 等离子的节奏性。研究了不同光长和用赤霉素喷射对植物吸收离子节奏的影响。目的在于了解植物吸收离子的节奏规律,并为进一步进行科学实验提供试验依据。

二 材 料 和 方 法

试验材料选用水稻(短种)、黄麻(新长一号)和花生(狮头企),种子萌发后经 Espino(水稻、黄麻)或 Knop(花生)完全液砂培21天,再用同种营养液水培3天,选取生长健壮的植株进行下述试验:

1.把上述植物各一株分放于100毫升的培养管中(每种植物同时测定三株作为重复),在清晨6时装入等量的同种溶液100毫升,并加有4微居里 P^{32} 和8微居里 S^{35} 。每隔两小时取出被植物吸收过的培养液0.5毫升,用钟罩型计数管测定植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 之放射性。

2.把上述植物各一株(每种植物同时测定三株作为重复),分放于50毫升装有完全液的培养管中,每隔两小时用等量的(50毫升)同种完全液换取一次,换液时根部用重蒸馏水冲洗并使根部的水液滴干。所得被植物吸收后之培养液加重蒸馏水到原来刻度,密封后放置冰箱,试验全部结束后,同时用极谱分析法测定植物在两小时内吸收 $Zn^{\#}$ 、 $Cu^{\#}$ 之量^[4],用比浊法测定 K^+ 、比色法测定 NO_3^- 、络合滴定法测 $Ca^{\#}$ 、 $Mg^{\#}$ ^[5]。极谱分析系采用国产882型自动记录极谱仪。比色和比浊系采用国产72型分光光度计。

试验的第二部分是研究不同光长对植物吸收 P^{32} 节奏的影响。Espino完全液砂培了28天的黄麻(新长一号)分别经1、3、5、7天14小时或10小时的光长处理,再按上述示踪原子法测定 P^{32} 的步骤测定植物每隔两小时所吸收 P^{32} 之放射性。

为了研究赤霉素喷射后植物吸收离子的节奏性,我们把 Knop 完全液砂培了21天的花生(狮头企),水培3天,用50 P.P.m.赤霉素在同一天内连续喷射三次(我们曾作过一系列浓度的比较试验,50 P.P.m.的赤霉素喷射后的植株生长量比对照增长了21.2%)。每次喷至植株全部湿润时为止,第二天用上述示踪原子及极谱分析法的步骤测定植物每隔两小时所吸收 P^{32} 、 S^{35} 、 $Zn^{\#}$ 、 Cu^{++} 之量。

夜间取样都是在15瓦的绿灯下进行的。

三 試驗結果

一、植物吸收 P^{32} 、 S^{35} 、 NO_3^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等离子的节奏性：

結果表明，三种植物吸收各种离子都出现了节奏性。总的說来，植物一昼夜間出現 4—6 个节奏周期。植物不仅仅吸收离子，而且亦会排出离子。但是一昼夜間植物吸收各种离子的总量都大于排出同种离子的总量。不同植物吸收同种离子所表现出的节奏周期性质（如节奏时间和幅度）并不相同，同种植物吸收不同离子的节奏周期亦有一定差异。现将植物吸收各种离子的节奏周期分述如下：

P^{32} 和 S^{35} ：图 1—3 表明，三种植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 的节奏周期曲线趋向相反，即是吸收 P^{32} 时放出 S^{35} ，吸收 S^{35} 时放出 P^{32} 。И.И.Гунар 及其同事曾在菜豆上作过实验，结果是 4 组重复实验中只有一组的吸收 P^{32} 和 S^{35} 之节奏曲线有此相反趋向，有两组的节奏曲线是同步的，另一组的节奏曲线则是一半同步，一半趋向相反。他们认为植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 之間不存在确定的关系^[12, 13]。我们认为三种植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 的节奏周期所出现的这种反趋向不是偶然的，说明了植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 之間有一定的联系。

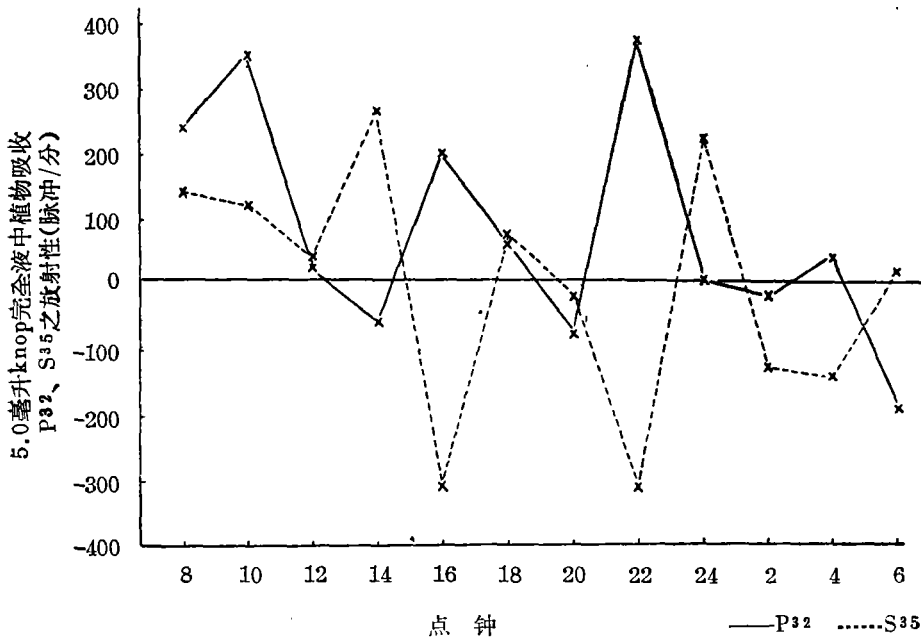


图 1 水稻(短种)吸收(+)和排出(-) P^{32} 、 S^{35} 之节奏性

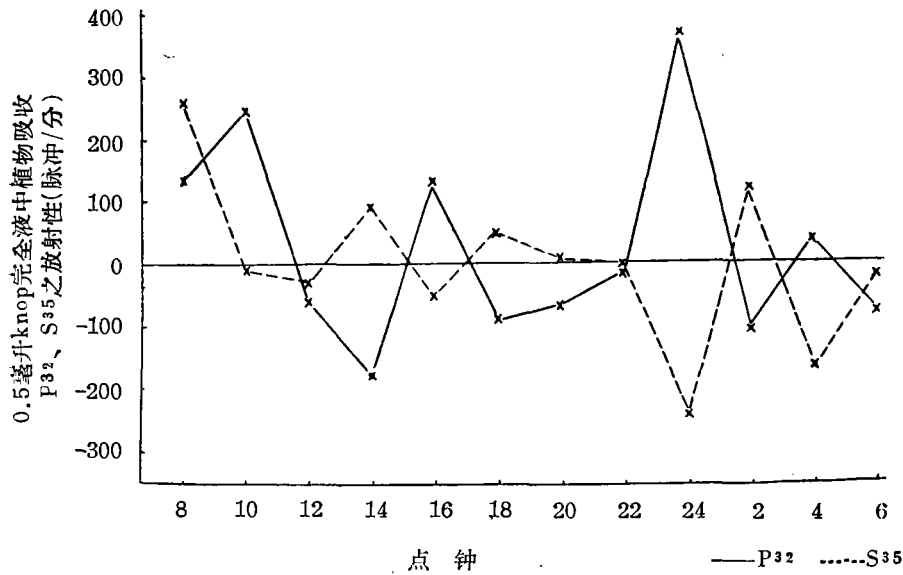


图 2 黄麻(新长一号)吸收(+)和排出(-) P^{32} 、 S^{35} 之节奏性

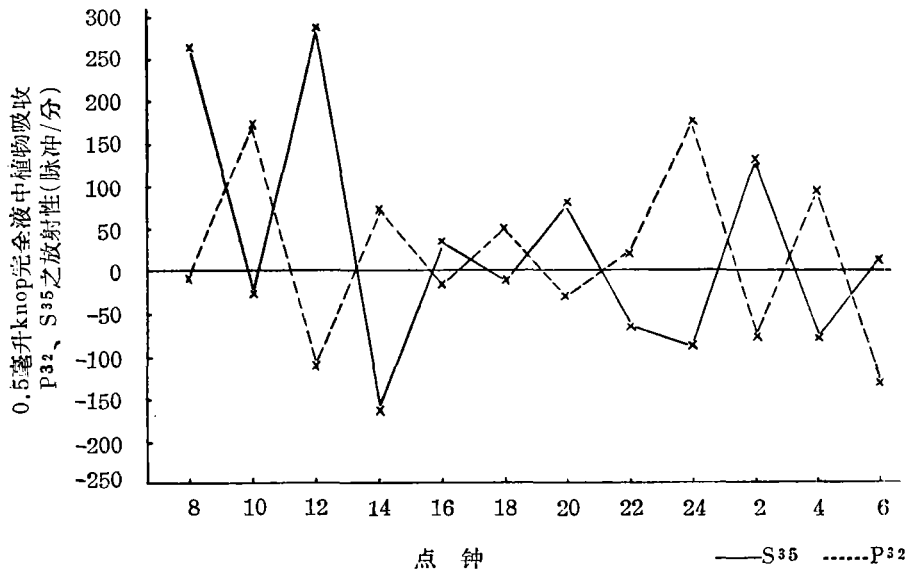


图 3 花生(狮头企)吸收(+)和排出(-) P^{32} 、 S^{35} 之节奏性

比較三种植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 所出現的節奏周期可以看出三者的節奏周期出現的時間并不一致；水稻和黃麻比較接近，都是在夜間出現最大的吸收高峰（22点或24点），这是值得重視的。花生吸收 P^{32} 和 S^{35} 的節奏周期和 水稻、黃麻 相差很大，節奏周期的數目較水稻、黃麻多。最大吸收高峰是在上午，夜間的節奏幅度亦显得很微弱。我們認為重視這些現象是有益的。

K^+ 和 Ca^{2+} ：图4表明水稻吸收 K^+ 和 Ca^{2+} 的節奏曲線的趋向亦相反，即是吸收 K^+ 时排出 Ca^{2+} ，吸收 Ca^{2+} 时排出 K^+ 。这和 N. N. Гунар 及其同事在蕃茄^[12]、和向日葵^[13]上所得結果是一致的。Гунар 認為这是植物表現的“离子唧筒”。看来，这是許多植物具有的現象。

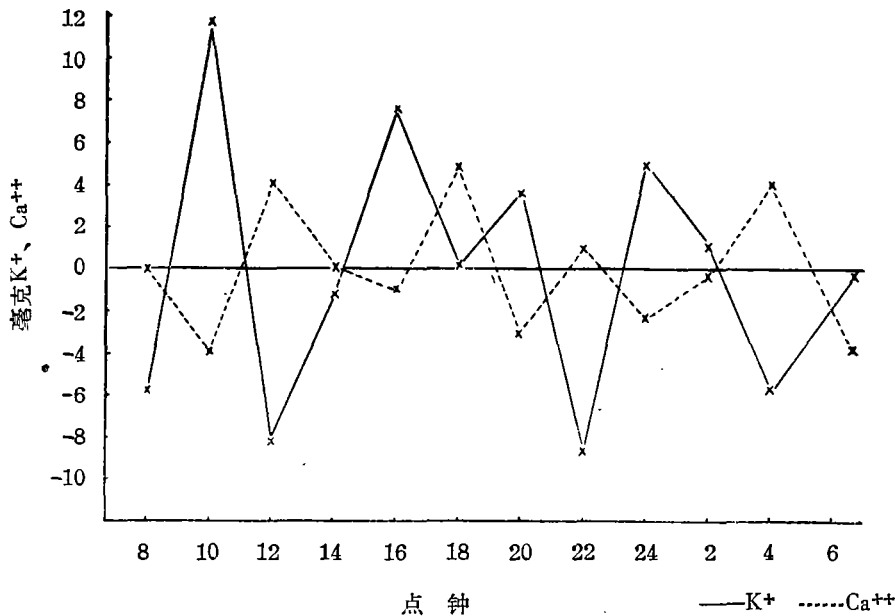


图4 水稻(短种)吸收(+)和排出(-) K^+ 、 Ca^{2+} 的節奏性

NO_3^- ：植物吸收 NO_3^- 的各節奏周期幅度比較一致(图5)、水稻和黃麻白昼時間的節奏周期趋向相反，夜間周期出現的時間趋于一致。Гунар 提出蕃茄吸收 NO_3^- 的節奏近于 Ca^{2+} 的吸收節奏^[12]。从水稻来看吸收 NO_3^- 的節奏近于 Ca^{2+} 的吸收節奏，黃麻則是白昼的節奏近于 Ca^{2+} ，夜間節奏近于 K^+ (看图4、5)。看来不同植物吸收 NO_3^- 所表現的節奏周期是不一样的。事实上最近 Гунар 在向日葵上所得 NO_3^- 的吸收節奏也近于吸收 K^+ 的節奏周期^[13]。暂时还很难說明植物吸收 NO_3^- 和吸收 K^+ 、 Ca^{2+} 之間存在某种特定的联系。

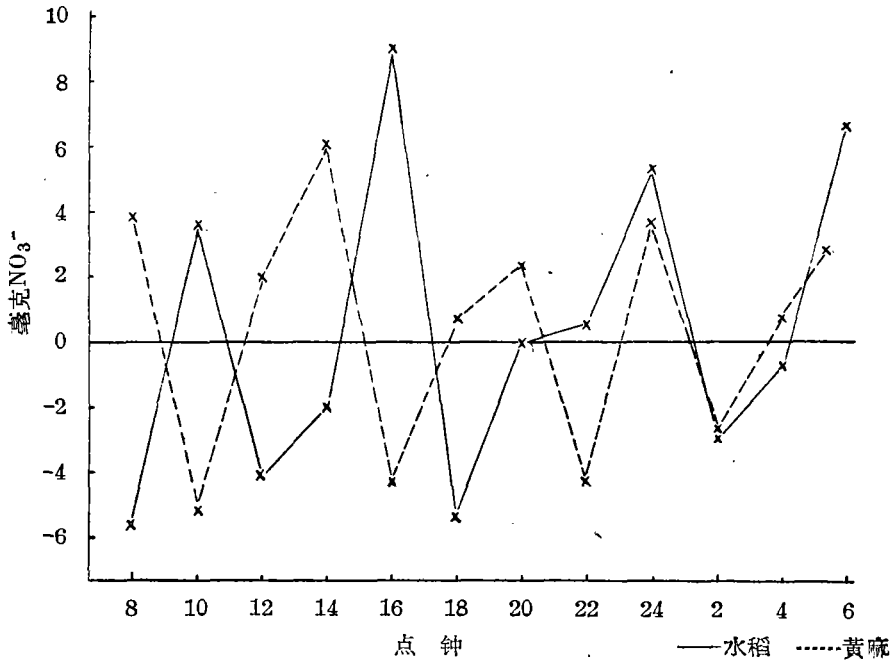


图 5 两种植物吸收(+)和排出(-)NO₃⁻的节奏性

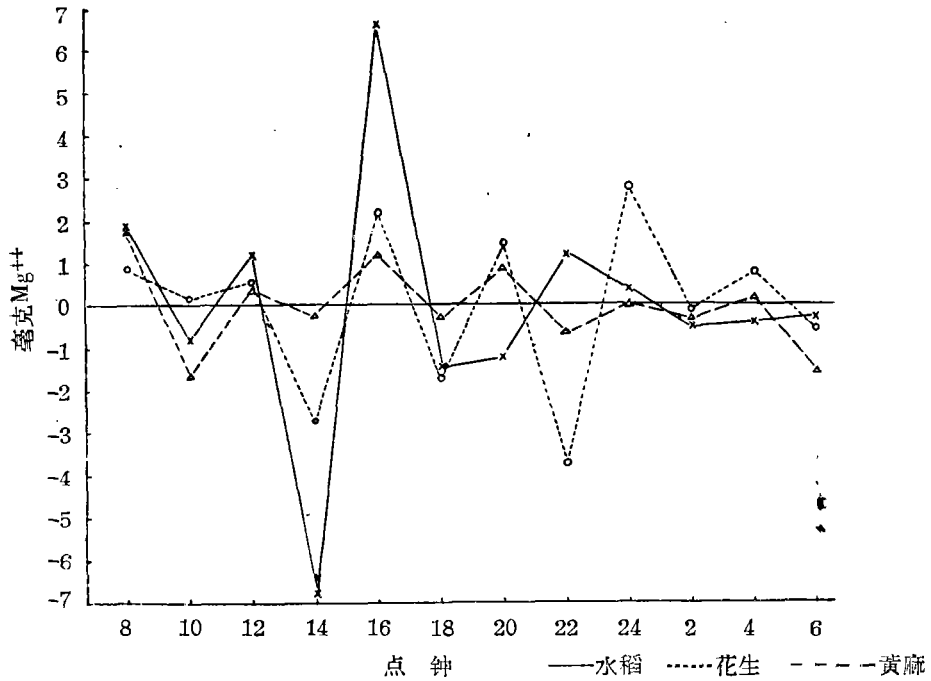


图 6 三种植物吸收(+)和排出(-)Mg⁺⁺的节奏性

Mg^{2+} : 图6表明水稻、黄麻和花生吸收 Mg^{2+} 的各个节奏周期所出现的时间是比较一致的。节奏周期数目较多, 一昼夜间出现 5—6 个节奏, 这是其它离子少有的。水稻在16时有一最大吸收。花生在16和24时有两个最大吸收区。黄麻对 Mg^{2+} 的吸收表现了匀称的小幅度的节奏周期。

Zn^{2+} 和 Cu^{2+} : 植物吸收微量元素的节奏性尚未见有报导。作者之一曾对蕃茄和烟草在单 Zn^{2+} 溶液中的吸收节奏作过研究。植物在单 Zn^{2+} 液中的节奏周期是比较明显的⁽²⁾。植物在完全液中吸收 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 的结果如图 7、8 所示, 植物对微量元素的吸收仍然存在节奏性。同样不仅是吸收亦会排出。两种植物吸收微量元素的节奏特点是: 吸收 Zn^{2+} 的节奏幅度都大于吸收 Cu^{2+} 的节奏幅度, 但是清晨 8 时的吸收量二者比较一致, 也是最大的吸收时间。水稻对 Zn^{2+} 的吸收除 6—8 时之节奏周期之外其它节奏周期都是排出大于吸收。花生吸收 Zn^{2+} 虽然也是清晨 8 时最大, 但其他节奏周期的幅度是比较均匀的。两种植物吸收 Cu^{2+} 的节奏周期仍然是清晨 8 时出现最大吸收, 其它节奏比较微弱, 尤其是水稻更为突出。可以认为植物对微量元素的吸收最高峰是在清晨。

二、不同光长对植物吸收 P^{32} 节奏的影响:

黄麻新长一号是典型的短日照植物, 一般出苗后30天给予 2 次14—16小时或以

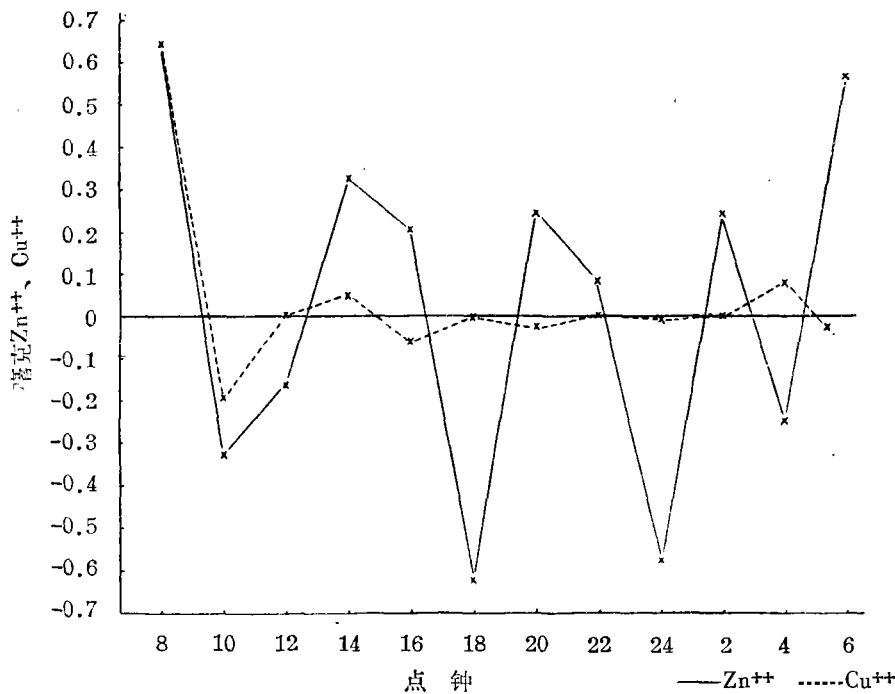


图 7 水稻(短种)吸收和排出 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 的节奏性

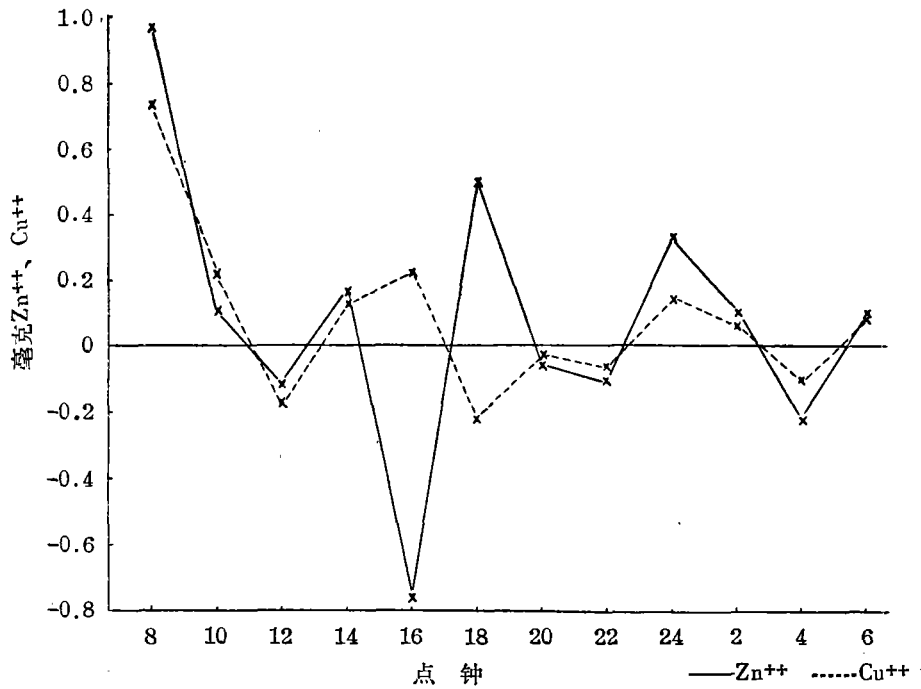


图 8 花生吸收和排出 Zn⁺⁺、Cu⁺⁺ 的节奏性

上的暗期诱导便可在长光照中开花, 此时发生着一系列的生理变化⁽¹⁾。我们对 31 天苗龄的黄麻用 14 小时光长 (对照) 和 10 小时光长处理一天, 此时植株吸收 P³² 的节奏周期如图 9 所示。可以看出 10 小时短日诱导一天后的植株吸收 P³² 的节奏周期

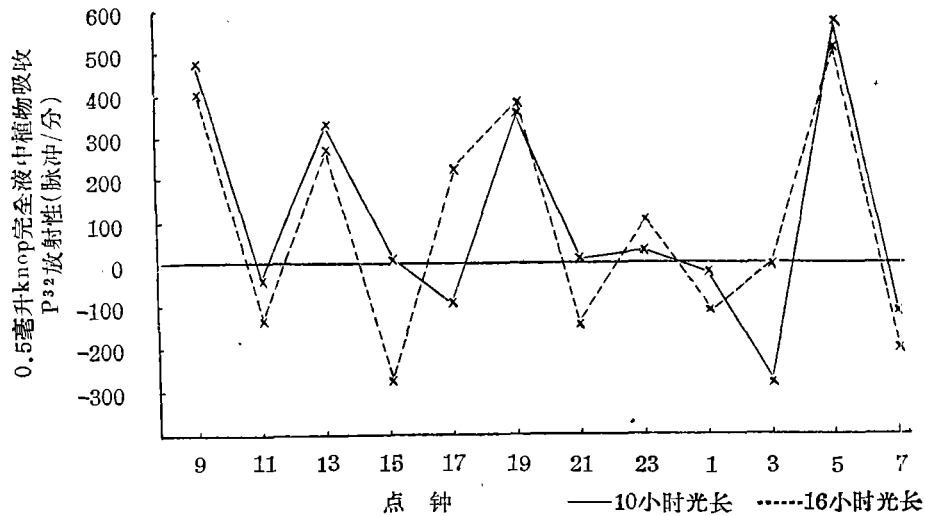


图 9 不同日长诱导一天后的黄麻吸收和排出 P³² 的节奏性

仍然存在。和對照比較二者節奏週期出現的時間是相同的，未發生顯著的變化。但是經暗期誘導後的植株吸收 P^{32} 的節奏幅度增大了，相反地排出的幅度減小很多。因此暗期誘導後的植株一晝夜間吸收 P^{32} 的總量比對照增長 147—151%^[3]。

經 1、3、7 天 10 小時暗期誘導處理後的植株吸收 P^{32} 的節奏週期如圖 10 所示。著顯不同的是暗期的節奏週期因誘導天數不同而發生了前後移動，光期的節奏仍然比較一致，但幅度的差異很大，尤其在 14—18 小時的節奏週期。我們對水稻（短種）所作試驗之結果亦有類似現象^[3]，說明了外界條件雖不能消除節奏但能影響節奏出現的時間和幅度。

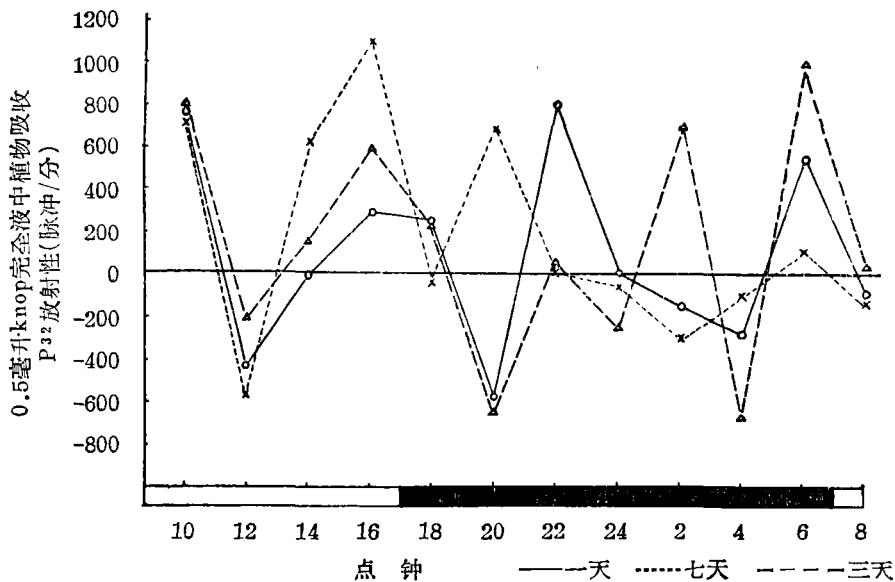


圖 10 10 小時光長處理不同天數的黃麻吸收 (+) 和排出 (-) P^{32} 節奏之影響

三、赤霉素對花生（獅頭企）吸收離子節奏的影響：

50 P.P.m. 赤霉素處理對花生幼株的生長有明顯的促進作用。從植株吸收離子的節奏性來看，最適濃度的赤霉素並不能消除植株吸收 P^{32} 、 S^{35} 、 Zn^{65} 、 Cu^{64} 的節奏（圖 11、12）。比較噴射和未噴射赤霉素的植株吸收 P^{32} 和 S^{35} 的節奏週期不難看出二者的共同性，亦仍然保持着 P^{32} 、 S^{35} 節奏曲線的相反趨向，即是吸收 P^{32} 時排出 S^{35} ，吸收 S^{35} 時排出 P^{32} 。但是經赤霉素噴射的植株對 P^{32} 、 S^{35} 的吸收節奏幅度增大了，尤其是 S^{35} 的吸收節奏（圖 3、10）。

經赤霉素噴射後的花生植株吸收 Zn^{65} 、 Cu^{64} 的節奏和未噴射的植株比較有很大差異（見圖 8、12），植株不再放出 Zn^{65} ，各節奏週期的幅度也比較均勻一致。植株吸收 Cu^{64} 的節奏亦大幅度地變動着，排出 Cu^{64} 的量亦比未噴射的植株少得多。這

些結果表明合适濃度的赤霉素噴射并不能消除植株吸收离子的节奏，但能影响节奏的性质。上述結果亦說明赤霉素可以促进植物对微量元素之吸收。

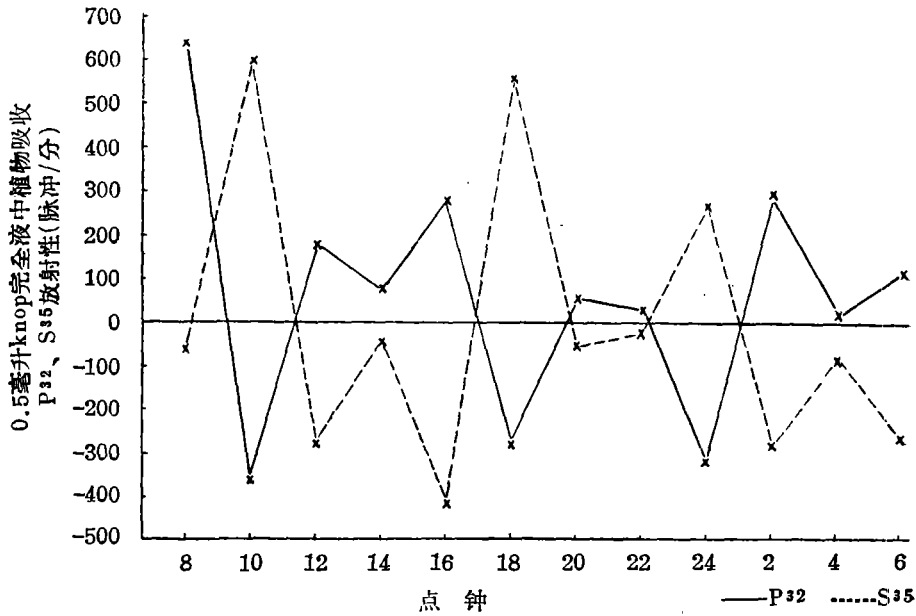


图11 50 P.P.M. 赤霉素对花生吸收(+)和排出(-)P³²、S³⁵节奏的影响。

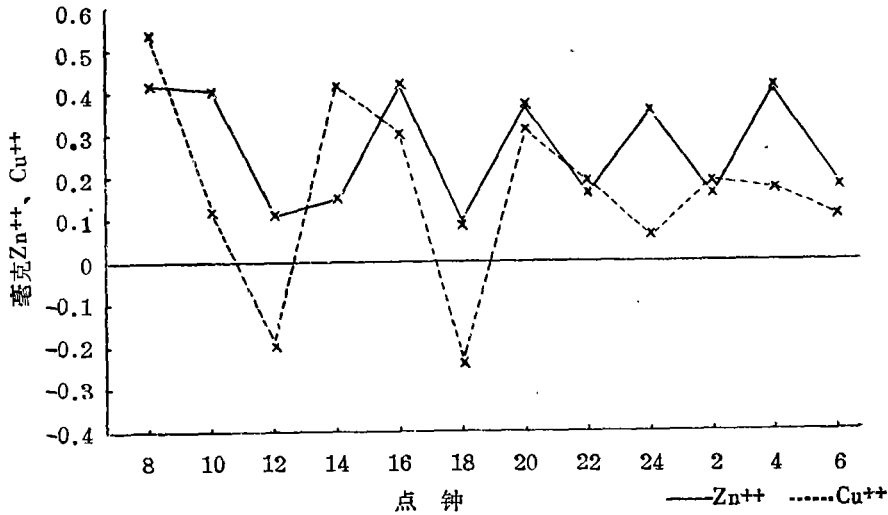


图12 50 P.P.M. 赤霉素对花生吸收(+)和排出(-)Zn⁺、Cu⁺节奏的影响。

四 討論和結論

植物吸收大量元素和微量元素都存在着節奏性。一晝夜間植物出現4—6個節奏周期。不同植物吸收同種離子的節奏周期出現的時間和節奏幅度都是不同的。同種植物吸收不同離子所表現的節奏性質亦不完全相同。一般條件下植物不僅吸收離子亦會排出離子。

植物吸收 K^+ 時排出 Ca^{++} ，吸收 Ca^{++} 時排出 K^+ 。И.И.Гунар及其同事根據動物組織受刺激時吸收 NO_3^- 和 Cl^- 、排出 P_2O_5 和 K^+ 、生理學上稱為“離子唧筒”的觀點^[22]、認為植物亦存在着“離子唧筒”^[13,18,22]。我們除了得到 K^+ 和 Ca^{++} 的反趨向的節奏曲線外還發現三種植物吸收 P^{32} 和 S^{35} 之間亦有這種類似反曲線。而且經赤霉素處理後的植株這種反曲線仍然保持着。可以認為，植物吸收各離子之間存在着一定的關係。或者就稱之為植物的“離子唧筒”。但是我們認為植物的“離子唧筒”與動物不同，因為這種反曲線只是部分離子的表現，不能設想其它離子的進入植體和這些離子毫無關係。

И.И.Гунар及其同事認為植物生理過程的節奏變化是在固定條件下建立的。它象動物那樣因興奮和抑制而表現為一個接一個的沖動^[5,11,12]，這是難以理解的。最近Е.Е.Красина及其同事提出光—暗交替對保持植物生理過程的晝夜節奏有着重要意義^[15,17]。我們的試驗表明光周期誘導和赤霉素處理都不能消除植物吸收離子的節奏，說明了節奏是植物的一種特性。但是這些條件的改變會使節奏發生一定的變化，又說明外界條件對節奏有一定影響。我們認為植物吸收離子的節奏性取決於內、外條件。也說明研究植物的生理過程應該考慮到“節奏因素”，以免得出錯誤的數據和結論。

赤霉素噴射改變了植物吸收某些微量元素的節奏性質，例如消除了 Zn^{++} 的排出，增強了 Cu^{++} 的節奏變幅等，可以認為植物經赤霉素噴射後增強了對微量元素的利用，顯然赤霉素和微量元素之間存在着一定的關係。

參 考 文 獻

- [1] 傅家瑞，鄒韻霞，1964。黃麻光周期誘導及短暫光效應。植物生理學報，1（增刊號），265—271。
- [2] 范培昌，1963。植物吸收鋅離子的初步試探。植物生理學通訊，1963（3），7—9。
- [3] 范培昌，丘泉發，1964。水稻和黃麻對 P^{32} 吸收的節奏性及不同光長對它的影響。植物生理學通訊，1964（6），44—46。
- [4] 柯爾蜀夫.I.M.,1958。極譜學（第二冊）。科學出版社，1958，481—500。

- [5] 北京农业大学无机分析教研组, 1962. 定量分析. 人民教育出版社, 1962, 240—242, 264—265.
- [6] Gunar I.I., Krastina E.E. and petrov-Spiridonov., 1958. Periodicity in Absorption and Excretion by Roots., Peacefor Uses of Atomic Energy vol. 27, 74-84.
- [7] Вюннинг Э., 1961. Ритмы физиологических процессов (“Физиологические басы”), Изд. иностранной литературы, 1961.
- [8] Валента М. и Кутачек М., 1960. Влияние света и температуры на биосинтез аскобигена типа индала., Физиология растений, 7(5), 607-609.
- [9] Годнев Т.Н. и шабельская Э.Ф., 1964. К вопросу о наличии суточных колебаний хлорофилла и каротиноидов в листьях некоторых растений., Физиология растений, 11(3), 385-390.
- [10] Гунар И.И., Крастина Е.Е., Брюшкова К.А. и Беликова Е.М., 1960. О суточной периодичности в синтетической корнев., Известия ТСХА., 1960(5), 19-34.
- [11] Гунар И.И. и Крастина Е.Е., 1962. Влияние свет-темновых режимов на движения листьев растений., Известия ТСХА, 1962 (5) 55-71.
- [12] Гунар И.И., Крастина Е.Е. и Петров-Спиридонов А.Е., 1957. Ритмичность поглощающей и выделительной деятельности корней., Известия ТСХА, 1957(4), 180-206.
- [13] Гунар И.И., Крастина Е.Е. и Петров-Спиридонов А.Е., 1959. Ритмичность поглощающей и выделительной деятельности корней., Известия ТСХА, 1959(1), 15-35.
- [14] Динилов М.Д., 1954. Суточная периодичность в росте побегов у некоторых и кустарниковых пород., Доклады АН СССР, 96(1), 205-208.
- [15] Карманов В.Г. и Пумпянская С.Л., 1956. Изучение суточного хода транспираций у хлопчатник. Биофизика, 1(1), 43-47.
- [16] Крастина Е.Е., Гунар И.И. и Каспщик М., 1956. Роль внешних и внутренних факторов в суточной динамике корневого питания томатов., Известия ТСХА, 1961(6), 32-42.
- [17] Крастина Е.Е., 1963. Онтогенетические изменения в суточном ритме движения листьев фасоль., Известия ТСХА, 1963 (3), 62-71.

- (18) Крастина Е.Е., и Гунар И.И., 1964. Резкая смена интенсивности света как указатель времени для суточных ритмов у растений., Известия ТСХА, 1964(2), 109-121.
- (19) Мокров Б.Н., 1950. Суточный ход фотосинтеза и дыхания у сахарной свеклы в течение вегетационного периода., Доклады АН СССР, 72(1), 185-187.
- (20) Мошков Б.С., 1956. Влияние фотопериодических условий на суточные ритмы движения листьев Фасоли., Биофизика, 1(4), 334-340.
- (21) Рубин Б.А. и Панасенко Н.П., 1956. К вопросу о суточной динамике содержания углекислоты и кислорода в листьях сахарной свеклы., Известия АН СССР, сер. биол. 1965 (1), 55-62.
- (22) Трошин А.С., 1956, Проблема клеточной Проницаемости., Изв, АН СССР, 1956.
- (23) Трубецкова О.М. и Шидловская И.Л., 1951. Изучение суточной периодичности деятельности корневой системы., Труды института физиологии растений АН СССР., 7(2), 273-290.
- (24) Эмме А., 1960. Суточные ритмы жизни., Техника молодежи, 1960(11), 34-36.

Ритмичность поглощения ионов у растений

Фань Пэй-цан Чу Чюань-фа

(Биологический Факультет)

Резюме

За течение суток при помощи методов радиоизотопа, поляграфий и т.д. мы определили ритмические изменения поглощения ионов P^{32} , S^{35} , K^+ , Ca^{++} , NO_3^- , Mg^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} , у трех растений — риса (*Oryza sativa* var. Duan Zhong), джута (*Corchorius olitorius* var. Xin Chan No.1) и арахиса (*Arachis hypogea* var. Shi Tou Qi), Мы изучали влияние обработки различного длительного света и опрыскивания 50

р.р.м. гиббереллиной на ритмичность поглощения ионов у этих растений. Были определены следующие закономерности:

1. У этих растений существует ритмичность поглощения ионов, в том числе и многоэлемента, и микроэлемента.

2. Ритмические поглощение минеральных солей, у этих растений появляется не только чередование слабого и сильного поглощения, но и поглощения и выделения ионов.

3. Мы не только наблюдали зеркальность кривых поглощений кальция и калия у этих растений, т.е. во время поглощения кальция, из корней выделяется кальций, а во время поглощения калия, выделяется калий. Такое же подобное явление в отношении фосфата и сульфата, т.е. во время поглощения фосфата, из корней выделяется сульфат, а во время поглощения сульфата выделяется фосфат. При опрыскивании 50 р.р.м. гиббереллиной еще сохраняется зеркальность кривых поглощения фосфата и сульфата у этих растений. Это может служить одним из подтверждений существования "ионов насоса" у растений.

4. После обработки различного длительного света и опрыскивания 50 р.р.м. гиббереллиной не наблюдается затухание основного суточного ритма поглощения ионов у этих растений, но конкретное время и колебание ритмического периода изменяться. Наши данные показали, что проявление суточных ритмов поглощения ионов у растений зависит от внутренних и внешних условий.

5. Гиббереллин (50 р.р.м.) исключает выделение ионов цинка и увеличивает поглощение ионов цинка и меди у этих растений. Можно считать, что существует определенная связь между гиббереллином и процессом поглощения микроэлементов.