

海带对¹³¹I吸收的研究*

李永祺 胡增焱 朱永新 方宏达 刘晓丹 张爱军 林方清

(山东海洋学院 海洋生物系)

提 要

本文介绍了海带对¹³¹I的吸收试验。试验结果表明:海带叶片在光照条件下,24小时内,对¹³¹I的吸收量要比黑暗条件下高33%左右,这似乎说明海带对¹³¹I的吸收与光合作用有关。海带不同部位的藻块对¹³¹I的吸收能力,以梢部为最大,中部次之,基部最小。不同浓度的Pb、Cu和尿素对海带吸收¹³¹I的能力有影响。

海带是我国北方海区重要养殖藻类,因含碘量高^[1,8,9],不仅被用来预防和治疗甲状腺疾病,而且还是提取碘的一种重要原料。关于海带对放射碘的吸收,迄今已有一些研究报导。如,Roche(1952)报导了两种海带(*Laminaria flexicanlis*和*L. saccharian*)对¹³¹I的累积^[10]。Shaw(1959)根据¹³¹I示踪试验结果,提出了掌状海带(*L. digitata*)对碘的吸收可能机制^[11]。Amat(1983)用糖海带(*L. saccharian*)藻块进行了对¹³¹I的吸收试验^[12]。上述学者试验所用的海带与我国沿海养殖的海带是不同的种类。1964年我们曾报导了海带(*L. japonica*)对¹³¹I吸收和累积的一些初步试验^[2]。由于海带对¹³¹I的吸收是个复杂的生物学过程,且受到藻体本身和许多环境因素的影响。为此,我们在原有工作的基础上,于1980—1983年期间,进一步开展了海带对¹³¹I吸收试验,现将主要结果报导如下。

材 料 与 方 法

试验分三部分,所用海带(*L. japonica*)采于山东海洋学院太平角海带养殖场。

1. 海带对¹³¹I的吸收试验

(1) 不同部位藻块对¹³¹I吸收能力比较 选取一棵健康的海带,长2.35米,分别在叶片的基部、中部和梢部的中带部,用直径为1.3cm的打孔器打洞,各取藻块20片。藻块分别放在盛有过滤海水的玻璃缸中预养一天,然后移至烧杯中进行试验。每个烧杯预先加入Na¹³¹I海水150ml(约1.5 μ ci),然后放入10片藻块。将烧杯置于培养架上,在2,000 Lux日光灯下进行培育。试验时室温为9.5℃。

* 本研究得到高尚德、崔竞进同志的协助,特此致谢。

经 24 小时和 48 小时后,取基部、中部和梢部藻块各 10 片,先用过滤海水冲洗二遍,用滤纸吸干藻块表面水份,称重,用 FJ 2602 定标器测藻块的放射性强度。经重复试验,所得结果基本一致。

(2) 在不同光线条件下藻块对 ^{131}I 的吸收 试验分别于 1982 年和 1983 年分两批进行。第一批选取经过预养的海带叶片中部藻块 20 片,分别放入 4 个培养皿中,每个培养皿各放入藻块 5 片,加入经充分摇匀的 ^{131}I 海水 100ml。然后将 2 个培养皿置放在培养架上,使接受 1200Lux 光照。另外 2 个培养皿置放于暗箱中。室温 13°C 。经 6 小时和 24 小时,分别取出藻块,经干净海水漂洗、吸干,然后测定放射性强度并进行重复试验。

第二批取 8 个 135ml 广口瓶,每瓶加入 100ml ^{131}I 过滤海水(约 1 μCi)和 5 片藻块。分 4 小组:光照组,光照组(藻块事先用蒸气杀死),弱光组(用一层纱布包裹瓶),黑暗组(瓶涂黑漆、并用锡箔纸包裹)。将 8 个广口瓶悬挂在水族箱(盛水约 150,000ml)中。水面光强 1300 Lux,气温 11°C ,经 24 小时和 48 小时培育后,分别取样测定放射性强度。

(3) 海带吸收 ^{131}I 节奏性试验 选取藻块 60 块,放在玻璃缸中在室内阴暗处预养。试验时,取 12 个玻璃皿,每个玻璃皿加入经充分摇匀的 ^{131}I 海水 100ml,然后每隔 2 小时,随机取 5 片藻块放入玻璃皿中,置于培养架上,在 1200Lux 光照下让藻块吸收 ^{131}I 两个小时。在 24 小时期间内共连续更换 12 个玻璃皿,经藻块放射性测定,观察在一昼夜期间对 ^{131}I 的吸收情况。

(4) 铜、铅和尿素对海带藻块吸收 ^{131}I 影响 试验所用试剂是:铅($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$)、铜(CuSO_4)和尿素(NH_2CONH_2),用蒸馏水配制。各试验组铅的浓度为:0.5、2、4、6 和 10ppm;铜为 0.01、0.05、0.5、1 和 2ppm;尿素为 0.5、2.5、10、20 和 30Ppm。各组均设对照组(即海水不加入铅、铜或尿素),每个浓度为一个小组。

试验时,用 18 个烧杯,每个杯加入 400ml 按上述浓度配制的试验海水(海水取于胶州湾口)和 25 片藻块(藻块取于长度约 3 米海带叶片中部),经预养 24 小时后再加入 0.5ml ^{131}I 溶液(约 21 μCi),立即用玻璃棒搅拌使均匀。自加入 ^{131}I 后,经常搅动海水,观察藻块外观变化,经 3、8、12、18、24 和 48 小时,分别从每个烧杯中取出 3 片藻块,经干净海水漂洗、吸干,然后进行放射性强度测定。试验期间,水温 $14.5-17^\circ\text{C}$,每天接受 1000—1200 Lux 光照约 10 小时,试验重复进行 3 次。

2. ^{131}I 在海带叶片的分布

试验所用海带均系小孢子体(开始凹凸期),叶片长度不超过 45cm。试验时选取海带 48 棵,按养殖场夹苗方法,每 3 棵一撮夹在棕绳上,然后垂直挂养于有机玻璃水族箱中。箱长 64cm,高 31cm,宽 34cm,内盛 Na^{131}I 过滤海水约 50,000ml,整棵海带都浸于水中。水族箱的一侧接受 40W 日光灯光照。试验期间水温 $6-10^\circ\text{C}$,每天搅动或通气搅动海水数次。试验分三部分:

(1) ^{131}I 在叶片上的分布 取在 ^{131}I 海水中挂养经过不同时间的海带,经干净海水洗二遍后,用打孔器沿叶片中线取圆形中带部藻块(如图 1A),水洗后,称重,测定放射性强度。

(2) ^{131}I 在海带叶片边缘部的分布 让海带叶片的凹凸面朝上,用打孔器在叶片的

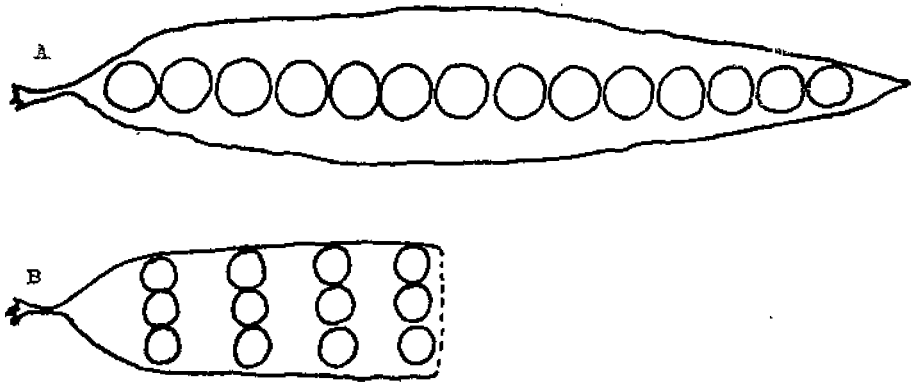


图1 海带取样部位示意图。

基部或中部,取中线和边缘藻块(如图 1B)进行放射性测定。

(3) ^{131}I 在海带内外层的分布 切割海带叶片的基础和柄部,用刀片自表向里切成薄片,分别测定放射性强度。

3. 海带藻块释出 ^{131}I 试验

取已吸收了 ^{131}I ,且放射性强度已知的藻块 10 片,放入不含 ^{131}I 过滤海水中,置于日光灯下培育,经一定时间间隔,取出藻块测定放射性。另外,还进行了海带整体释出 ^{131}I 的试验。

结 果

(一) 海带对 ^{131}I 吸收试验

(1) 海带叶片不同部位的藻块对 ^{131}I 吸收的能力不同 试验结果表明,海带叶片梢部的藻块对 ^{131}I 的吸收能力明显地高于叶片中部和基部的藻块。梢部藻块对 ^{131}I 的吸收,在 48 小时期间内一直明显地上升;而叶片中部藻块经 24 小时即已达饱和;基部藻块对 ^{131}I 的吸收能力最低,但在 48 小时期间内似乎仍然继续吸收 ^{131}I (表 1)。

(2) 叶片藻块在不同光照条件下对 ^{131}I 的吸收能力有明显的差异 表 2 的数据表明,尽管不同藻块对 ^{131}I 的吸收能力有较大的差异。但是,无论是经过 6 小时,还是 24 小

表 1 海带叶片不同部位的藻块对 ^{131}I 的吸收

放射性强 度 时 间	部 位		
	基 部	中 部	梢 部
24小时	269	820	8749
48小时	367	885	6301

注:放射性强度单位为:脉冲数/毫克组织·分钟。下同。

表2 光照和黑暗条件下海带叶片藻块对¹³¹I的吸收

时间 (小时)	放射性强度	编号										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	光照	26918	116242	124370	32246	649644	51986	100680	20632	87622	42972	67762
	黑暗	21810	75908	72810	21960	23828	31148	76752	24512	86852	28736	46192
24	光照	80422	270542	165276	75478	811784	119086	95416	108142	133120	250946	161522
	黑暗	72610	234388	80862	64490	185290	76236	77430	66344	76634	149706	109146

注: 1982年4月试验结果。

时,藻块的平均放射性强度的,在光照条件下要比在黑暗条件下约高32%。

表3的试验结果表明,包一层纱布的白瓶组,藻块对¹³¹I的吸收能力最强,而经蒸气杀死藻块对¹³¹I的吸附很少。经48小时,在光照条件下,藻块持续地吸收¹³¹I,而在黑暗条件下藻块却释出¹³¹I。

比较表2和表3的资料,值得指出的是,尽管试验条件不同,但经24小时,藻块的放射性强度的在光照条件下都比在黑暗条件下约高1/3。

表3 光照对海带叶片藻愈吸收¹³¹I的影响

放射性强度 时间(小时)	组别			
	黑瓶	白瓶	白瓶 (包纱布)	白瓶 (藻块已杀死)
24	1000	1503	1793	80
48	436	1832	2240	70

(3) 在一昼夜期间内藻块对¹³¹I的吸收量在不同的时间有差异 由图2可见,在一昼夜期间内藻块对¹³¹I的吸收量是有差异的。如果排除第一个时间(22点30分)的异常

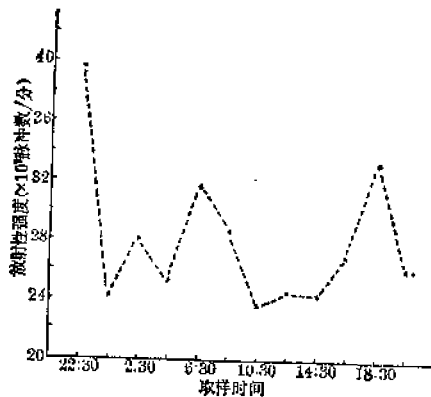


图2 海带叶片藻块在一昼夜期间内吸收¹³¹I的情况

高峰外,有意思的是,在早晨 6 点 30 分和晚上 6 点 30 分,藻块对放射性的吸收均出现高峰。

(4) 铅、铜和尿素对海带叶片藻块吸收 ^{131}I 都有一定影响。铅能促进藻块对 ^{131}I 的吸收(如图 3)。在开始 12 小时内,各组藻块对 ^{131}I 的吸收量并没有表现出差异,以后随着时间的推移,各组藻块对 ^{131}I 的吸收才逐渐表现出差异。至 48 小时,加入铅的各试验组,藻块对 ^{131}I 的吸收均高于对照组,其中尤以 0.5ppm 和 2ppm 组对藻块吸收 ^{131}I 的促进作用最明显。在试验期间内,各试验组藻块与对照组相比较,外观上没有看出差异。

在 48 小时期间内,低浓度铜(0.01ppm 和 0.05ppm)对藻块吸收 ^{131}I 似有促进作用,而高浓度的铜(0.5ppm 以上)对藻块吸收 ^{131}I 有明显的抑制作用(见图 4)。各组藻块外

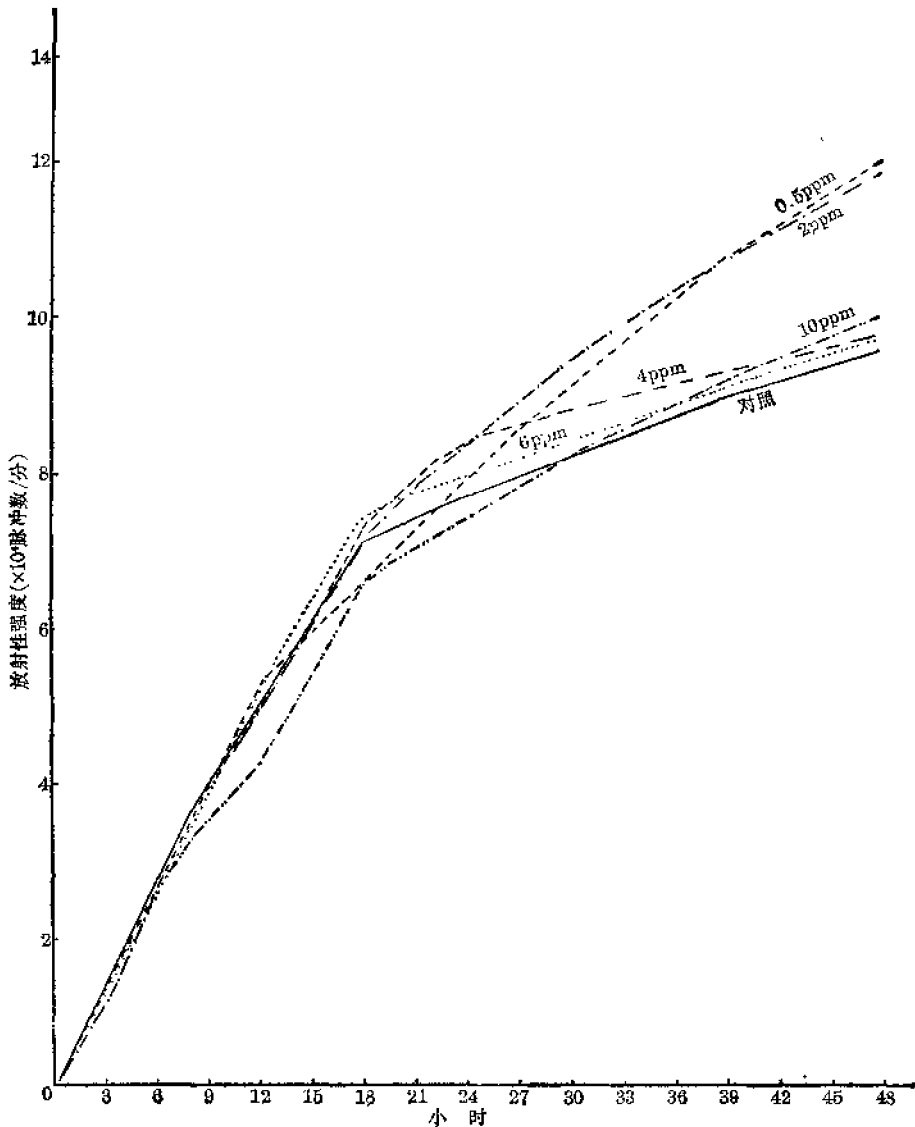


图 3 不同浓度的铅对海带藻块吸收 ^{131}I 的影响。

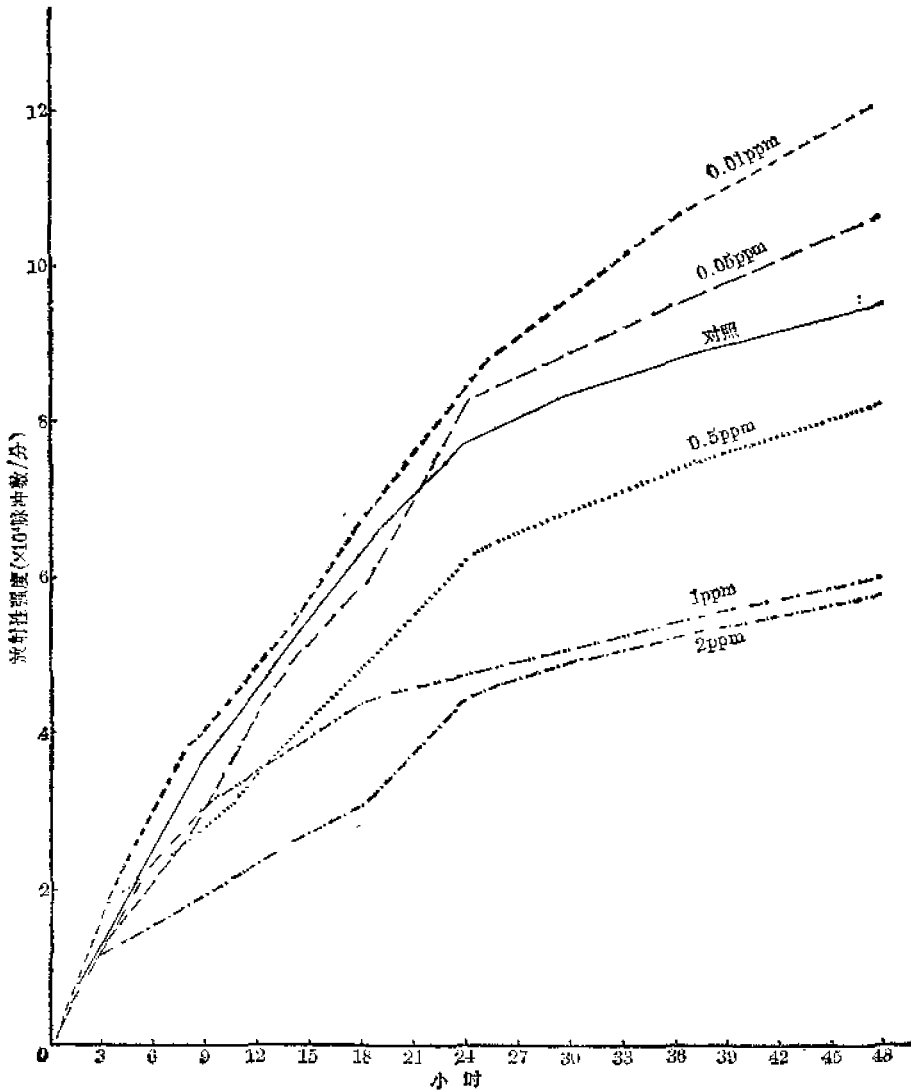


图4 不同浓度的铜对海带藻块吸收¹³¹I的影响。

观的观察结果是：2ppm组，经3小时，部分藻块开始变绿，12小时，变绿的藻块超过半数，经18小时全部藻块变绿；0.5ppm组，经24小时，有少数藻块开始变绿；0.01ppm和0.05ppm组，在48小时的期间内，尚无发现藻块有变绿的现象，似与对照组无差异。

在48小时期间内，0.5ppm 2.5ppm和10ppm的尿素，对藻块吸收¹³¹I有促进的作用。20ppm以上的浓度，对藻块吸收¹³¹I有一定的抑制作用(见图5)。

(二) ¹³¹I在海带叶片上的分布

根据对30棵在¹³¹I海水中挂养不同时间的海带，用连续打洞取藻块测定放射性强度所得结果来看，¹³¹I在海带叶片上的分布随着时间的变化呈现出差异。在开始2—3天内，叶片梢部的放射性强度要高于基部和中部。但经过3—4天，叶片基部¹³¹I呈现出高

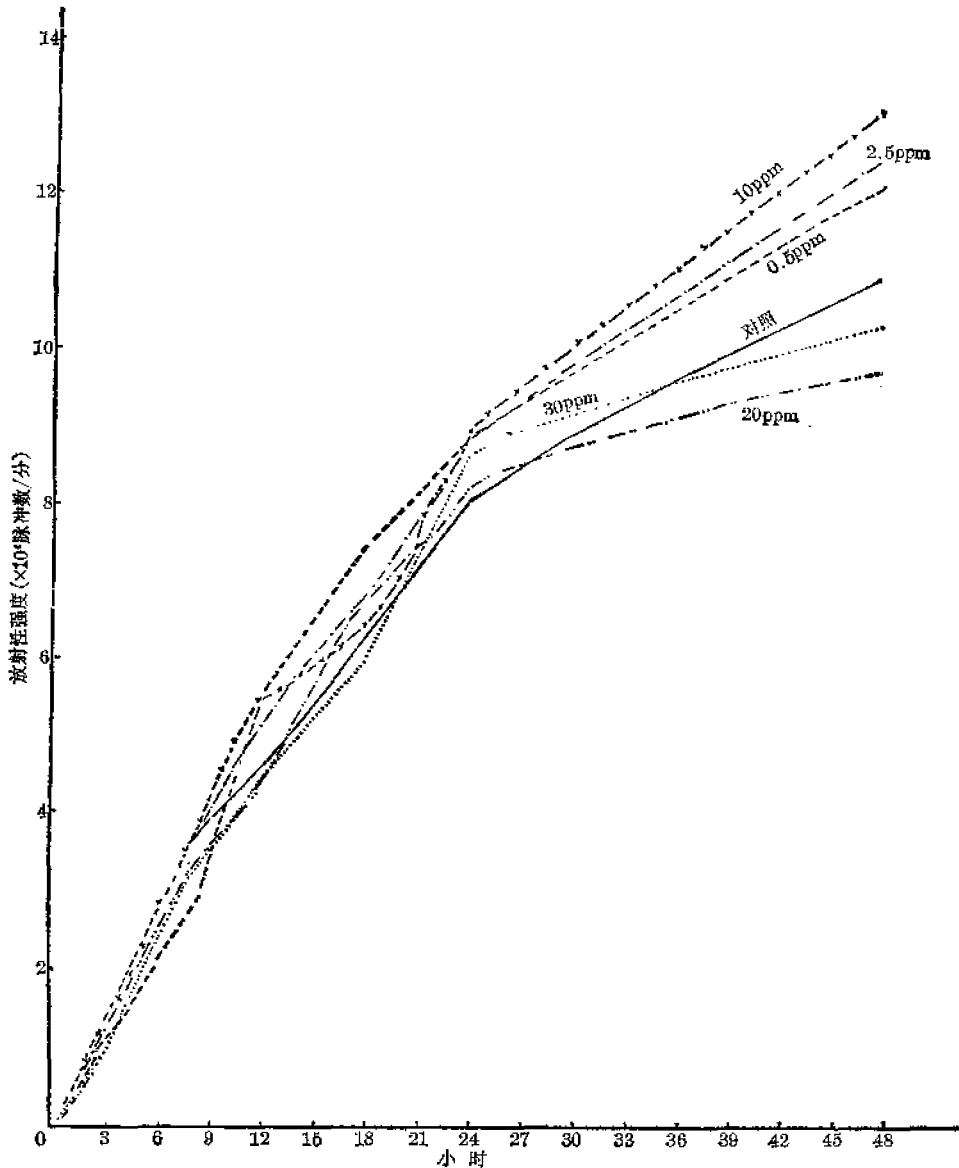


图5 不同浓度的尿素对海带藻块吸收 ^{131}I 的影响。

值。经过6—7天,所有试验海带叶片的放射性最高值均出现在叶片的基部。图6是3棵大小近似的海带,在 ^{131}I 海水中挂养了7天后,用连续打洞取藻块(重量31—38mg/块)测定放射性的结果。由图6可见,在叶片生长点附近的放射性明显地高于叶片的中部和梢部。

根据对8棵海带所取的99个圆形藻块(即 3×33)的放射性强度比较。结果大致是,叶片左缘藻块的放射性强度大于右缘和中带部藻块者,约占藻块总数的42.4%;右侧藻块放射性强度高于左侧和中带部者,占24.2%;中带部藻块放射性强度大于边缘者,占12.1%;左、中和右藻块的放射性强度大体接近者,约占21.2%。总之,叶片两侧 ^{131}I 的含量似乎

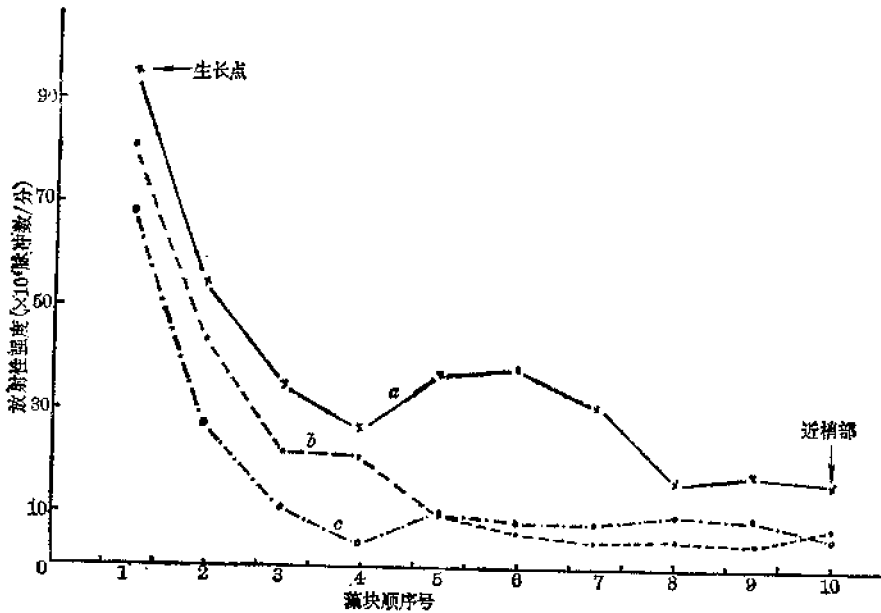


图6 3棵海带吸收 ^{131}I 7天后叶片不同部位的放射性强度

要比中带部高些。

表4是二棵海带(叶片长度小于24cm)的放射性测定结果。

另外,海带叶片基部和柄部藻块表层和内层放射性强度的测定结果是:叶片柄部,外层放射性强度约比内层高4.8倍;叶片基部,外层细胞的放射性强度比内层约高2—3.5倍。

表4 ^{131}I 在海带叶片的水平分布

编 号	藻 块 放 射 性			编 号	藻 块 放 射 性		
	左	中	右		左	中	右
Y_1	58392 ± 241	22048 ± 148	31572 ± 177	Z_1	36985 ± 192	21238 ± 147	37581 ± 198
Y_2	42552 ± 206	34918 ± 186	27748 ± 166	Z_2	35670 ± 188	48234 ± 207	33065 ± 181
Y_3	73543 ± 271	56782 ± 238	55451 ± 235	Z_3	52942 ± 230	53314 ± 230	55647 ± 235
Y_4	51493 ± 226	47683 ± 216	48050 ± 219	Z_4	26027 ± 161	41823 ± 204	26242 ± 215
				Z_5	76409 ± 276	59970 ± 214	77252 ± 277

(三) 海带释出 ^{131}I 的速度

试验所得的结果如图7。藻块在开始2天内释出 ^{131}I 较迅速,以后随着时间的延长,释出的速度减慢。

根据我们的观察, ^{131}I 自整棵海带释出不易,但若受损伤,则 ^{131}I 能自受伤部位释出。比如,取已在 ^{131}I 海水中挂养6天,经干净海水洗后的一棵海带(长约30cm),在叶片的梢部打一圆洞,然后将整棵海带浸泡于干净海水中(500ml),搅动海水,15分钟后取水样进行测定,经2天和4天再次测定水样,结果如图8。

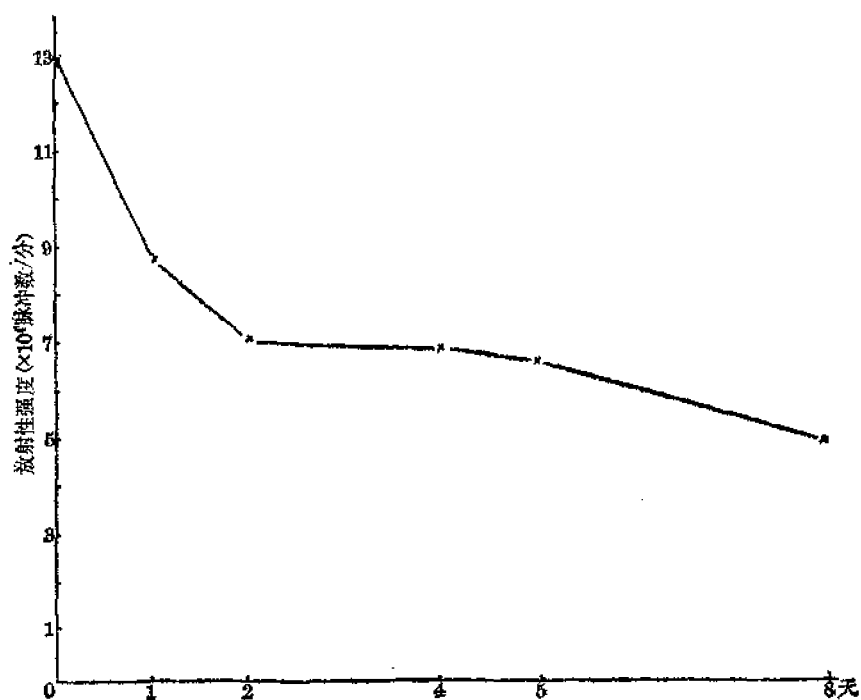
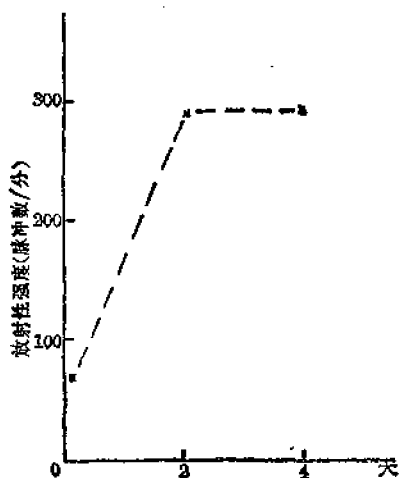
图7 海带叶片藻块释出 ^{131}I 的情况图8 海带释出 ^{131}I 后水样的变化。

图8表明,在头2天内,海带释出一些 ^{131}I ,但2天后,海水的放射性没有增高。4天后,将这棵海带取出,连续打洞取藻块进行测定,发现叶片基部仍然有很高的放射性。

讨 论

据 Amat (1983)报导,海带(*L. saccharina*)藻块在黑暗条件下对 ^{125}I 的吸收率要低

于在光照条件下^[12]。这与本试验,海带叶片藻块在24小时时间内、在光照条件下对¹³¹I的吸收比在黑暗条件下约高1/3的试验结果是一致的。Bryan (1976)指出,掌状海带叶片藻块,在光照条件下对⁶⁵Zn的吸收比在黑暗条件下高^[13],这可能与光合作用直接相关。

已知,海藻对无机元素和一些有机物质的吸收,有主动吸收和被动吸收两个过程。主动吸收是耗能的过程,与代谢作用紧密相关。海带对碘的吸收过程,Shaw (1959)认为首先是在藻体表面酶的作用下,将 I^- 氧化成 I_2 ,接着分子碘被水解成HOI,进而扩散透过藻体的细胞壁^[11]。海带累积的¹³¹I,80%以上是以无机碘化物的形式存在,余者被合成单和双碘酪氨酸^[10]。按Shaw的说法,海带对¹³¹I的吸收主要是在酶作用下的主动吸收过程。经蒸气杀死的藻块,放射性强度要比在光照条件下藻块约低20倍(表3),这也表明,海带藻块对¹³¹I的吸附能力是很弱的。

试验的结果表明,海带叶片不同部位对¹³¹I的吸收能力有明显的差异。叶片的梢部>中部>基部。这一结果与姚南瑜(1981)的结果完全一致^[8]。这似乎也表明,海带对¹³¹I的吸收,主动吸收是主要的机制。但本试验所得结果,与Ayako (1973)测定碘在海带叶片含量所得的结果不同^[14]。据他报导,碘在海带叶片的基部和中部的含量要高于叶片的边缘和梢部。差异的产生可能有两个原因,第一是试验所用的海带生长阶段不同,Ayako测定碘含量是用已收获的海带,而我们和姚南瑜试验是用仍处于生长阶段的海带。第二是正在生长的海带,叶片不同部位对¹³¹I的吸收和累积是个较复杂的过程。将小海带培养在¹³¹I海水中,经过数日,然后取出连续打洞取藻块进行放射性强度测定,结果表明,叶片梢部虽然能迅速地吸收¹³¹I,但它却将大部分¹³¹I向叶片基部方向运转,经过3或4天后,¹³¹I则主要累积在叶片的基部。吴超元、Flock等人也曾报导³²P、⁸⁶Rb、¹²⁵I、¹³¹I和¹⁴C等核素在海带叶片的运转^[2,4,5,15-17]。根据上述的试验结果,推想处于生长期间的海带,叶片的不同部位有功能的分工。叶片有些部位侧重于吸收外界物质,而有些部位侧重于贮存已吸收的物质。成体海带叶片基部比其他部位含碘量高,这是由于叶片吸收的碘向基部运转和累积所致。

¹³¹I在海带叶片基部和柄部内、外层的分布,试验所得的结果与碘在海带(*L. hyperborea*)柄部内、外层的含量^[18],与²¹⁰Po、²³⁹Pu在巨藻(*Pelagophycus pora*)气囊的分布^[9],与⁶⁰Co在海带叶片内、外层的分布^[10]是相似的,都是外层的含量大于内层含量。

范培昌(1964)指出,水稻对³²P的吸收,在一昼夜期间内有明显的节奏性,在上午9点出现吸收高峰。本试验所得的初步结果表明,海带对¹³¹I的吸收也存在着节奏性的现象。根据在一昼夜期间,海带对¹³¹I的吸收情况,推测海带对¹³¹I的吸收可能与光照、潮汐的涨落有关。曾有人报导,海带(*L. cloustoni*)碘的含量随着浸泡在海水中的深度增加而提高^[20]。海带生长在潮下带的浅水水域,由于潮汐运动,水中碘的含量变化,势必影响海带对碘的吸收。海带对碘吸收的节奏性问题,是一个颇有意义的生理学问题,值得进一步探讨。

重金属对海藻的毒性作用,因生物种类、生长阶段、元素的种类、理化形式,以及环境因素的不同有很大的差异。通常高浓度是有害的,而低浓度有的还有促进藻类生长的作用^[21,22]。据报导,铜对海藻的毒性大于铅^[23]。0.1ppm的铜即能影响巨藻(*Macrocystis*

pyrifera) 的光合作用^[24]。0.01ppm 的铜能影响海带雌配子体和幼孢子体的生长和排卵^[6]。但 0.01ppm 和 0.05ppm 的铜, 在 48 小时期间内却能促进海带吸收 ^{131}I 。这可能是海带幼体对铜有较高的敏感性的缘故。

有些学者正在进行高含碘量海带的选种研究。我们认为, 要提高海带碘含量, 除了进行品种的选育外, 有关污染对海带吸收碘的影响, 合理施肥与海带碘含量的关系等问题, 都是值得注意的。

Bryan 曾报导, 海带对 ^{65}Zn 是净吸收, 不释出^[18]。试验表明, 海带释出 ^{131}I 不易。因此, 海带可作为海洋 ^{65}Zn 、 ^{131}I 污染的指示生物。同样的原因, 在设计沿海核电站排污口时, 要尽量避开海带养殖场。

小 结

在实验室的条件下, 研究了海带 *Laminaria japonica* 对 ^{131}I 的吸收。试验所得的主要结果是:

1. 海带叶片藻块, 在光照的条件下, 在 24 小时的期间内, 对 ^{131}I 的吸收量要比在黑暗条件下约高 33%。这似乎可以认为, 海带对 ^{131}I 的吸收主要是主动吸收过程, 与海带的光合作用密切相关。

2. 海带叶片不同部位藻块, 对 ^{131}I 的吸收能力是梢部 > 中部 > 基部。

3. 海带叶片在一昼夜期间内, 对 ^{131}I 的吸收似有节奏性, 推测海带对 ^{131}I 的吸收节奏性可能与光照和潮汐运动有关。

4. 在 48 小时期间内, 浓度小于 2ppm 的 Pb, 20ppm 的尿素和 0.05ppm 的 Cu 对海带藻块吸收 ^{131}I 有促进作用。浓度大于 0.5ppm 的 Cu 和 20ppm 的尿素, 对藻块吸收 ^{131}I 有抑制作用。

5. 用连续打洞法能比较好地了解 ^{131}I 在海带叶片的分布和运转情况。叶片吸收的 ^{131}I 大多向叶片的基部方向运转, 并逐渐在基部累积。海带在 ^{131}I 海水中培育经过 3 天后, 叶片基部的放射性出现高值。

6. 根据对 99 片取于海带叶片中部和两边缘的藻块的分析。结果表明, 叶片两边缘藻块所含的 ^{131}I 要高于中部藻块。

7. 海带叶片的基部和柄部的 ^{131}I 含量, 外层要高于内层。

8. 健康的海带释出 ^{131}I 不易。已吸收了 ^{131}I 的藻块, 在干净海水中, 起初释出 ^{131}I 较快, 以后逐渐减慢。

9. 由于海带对 ^{131}I 有高的吸收和累积能力, 因此可作为 ^{131}I 污染的指示生物。同时建议核电站排污口, 应当设法尽量避开海带养殖场。

参 考 文 献

- [1] 纪明侯等, 1960。我国几种经济褐藻的含碘量测定。海洋与湖沼, 3(3):205—213。
- [2] 李永祺等, 1964。海带叶片对 ^{131}I 的吸收、运转和累积。山东海洋学院学报, (1):141—148。
- [3] 姚南瑜等, 1981。海带光合特性研究。植物生理学通讯, (4):18—34。
- [4] 吴超元等, 1961。 ^{65}P 在海带叶片中的运转。科学通报, (8):44—46。

- [5] 李永祺, 1978. 海洋的放射性. 科学出版社.
- [6] 王清印等, 1981. 铜对海带雌配子体生长、发育的影响. 山东海洋学院学报, 11(1): 53—60.
- [7] James, M. S., 1963. An exploratory study of radiation damage in the thyroids of coral reef fishes from the Kniwetok Atoll. Ed. by Schultz, V. and Klement, A. W. jr. "Radioecology" Chapman & Hall, Ltd., London. 385—389.
- [8] Pedersen, T. F. and N. B. Price, 1980. The geochemistry of iodine and bromine in sediments of the Panama Basin. *J. Mar. Res.*, 38(3): 397—411.
- [9] Hanson, W. C., 1963. Iodine in the environment. *Ibid.* 581—601.
- [10] Roche, J. et al., 1962. Fixation of radioactive iodine by (marine) algae, iodinated constituents of *Laminaria*. *Compt. Rend. Soc. Biol.*, 146: 642—645.
- [11] Shaw, T. I., 1959. The mechanism of iodine accumulation by the brown sea weed *Laminaria digitata*, The uptake of ^{131}I . *Proc. Roy. Soc.*, 150(940): 356—371.
- [12] Amat, M. et al., 1983. ^{125}I iodine uptake and translocation in *Laminaria saccharine*. Xth international seaweed symposium 19—25 June 1983 Qing-dao China, Abstracts p. 1.
- [13] Bryan, G. W., 1976. Heavy metal contamination in the sea. Ed. by R. Johnston, "Marine Pollution" Academic Press, 185—302.
- [14] Ayako Yoshimura et al., 1973. Distribution of inorganic constituents of Kombu Blade-II. On anions. *Bull. Jpn. Soc. Scient. Fish.*, 39(3): 323—325.
- [15] Floch, J. Y. et al., 1980. Changes in mineral composition and translocation in *Laminaria hyperborea*. *Z. Pflanzphysiol.*, 96(5): 377—386.
- [16] Johannes, W. et al., 1979. Carbon dioxide fixation and translocation in benthic marine algae. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, 92(1): 157—168.
- [17] Marthe, P. et al., 1979. High speed translocation of ions in seaweeds. *Z. Pflanzphysiol.*, 95(3): 265—274.
- [18] Bjorn, L. et al., 1961. The distribution of iodine and other constituents in stipe of *Laminaria hyperborea* (Gun) Fosli. *Bot. Marine*, 2(3/4): 250—254.
- [19] Nakanara, M. et al., 1975. Concentration of radioactive cobalt by seaweeds in the food chain. In "Impact of nuclear release into the aquatic environment". IAEA, Vienna, 301—312.
- [20] Black, W. A. P., 1948. Seasonal variation in chemical constitution of some common British laminariaks. *Nature*, 161(4803): 174.
- [21] Davies, A. G., 1978. Pollution Studies with marine plankton part II. Heavy metals. *Adv. mar. biol.*, 15: 381—508.
- [22] Thomas, W. H. et al., 1977. Effects of copper on phytoplankton standing crop and productivity: Controlled ecosystem pollution experiment. *Bull. Mar. Sci.*, 27(1): 34—43.
- [23] Hollibaugh, J. T. et al., 1980. A comparison of the acute toxicities of ten heavy metals to phytoplankton from Saanich Inlet, B. C., Canada. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 10: 93—105.
- [24] Merlini, M., 1971. Heavy-Metal contamination. Ed. by Donald W. Hood, In "Impingement of man on the Oceans", Wiley-Interscience, 461—486.

^{131}I IODINE UPTAKE STUDIES IN *LAMINARIA JAPONICA*

Li Yongqi, Hu Zengmiao, Zhu Yongxin, Fang Hongda,
Liu Xiaodan, Zhang Aijun and Lin Fangqing

(Department of Marine Biology, Shandong College of Oceanology)

Abstract

^{131}I was added to seawater culture medium and used to study the uptake of iodine by the brown algae (*Laminaria japonica*) fronds under laboratory conditions. The following results were recorded:

1. Discs punched out of different zones of the frond of the algae were exposed to ^{131}I in the illumination and darkness for various lengths of time. The experiment showed that the ^{131}I uptake value were reduced to the average by 33% in the darkness. It seemed that ^{131}I uptake by seaweed is most likely the active process.

2. The efficiency of ^{131}I absorption of various parts of the frond follows the sequence: apical part > cotral part > basal part.

3. By putting the discs of the algae into the medium containing ^{131}I for 24 hrs observation every two hours examined and recorded the ^{131}I uptake. Two higher values occurred from 4:30 to 6:30 a. m. and from 4:30 to 6:30 p. m. The preliminary result showed the rhythm of ^{131}I uptake probably occurred.

4. Lead, urea and copper would affect the ^{131}I uptake which was accelerated by 0.5—2.0 ppm of Pb, 0.5—10 ppm of N, and 0.01—0.05 ppm of Cu respectively, but it was inhibited when the concentration is more than 0.5 ppm of Cu or 20 ppm of N.

5. It seemed to be a better method that the frond was cut into small discs in regular order to determine the distribution of ^{131}I in the fronds.

6. The distribution of ^{131}I in the fronds of the algae was observed. The absorbed ^{131}I was transported to the basal part during the first week. The greatest values of the radioactive iodine in basal part appeared after the 3rd day.

7. The analysis of 99 discs from centre to margin of the fronds revealed that the content of ^{131}I was higher in margin than in the central part.

8. Experiment showed that the radioactivity of the cortex of the stipe and base of the algae were richer than that of the pith.

9. The loss curve of radioactivity from discs of the seaweed is divided into two phase: an initial rapid lost, roughly 50% of absorbed ^{131}I was lost within 2 days; then the ^{131}I lost slower.

10. *L. japonica* may be used as bioindicators of the radioactive pollution.