

增产灵、增产素及苯氧乙酸 在水稻生产中的应用

植物生理组 植物生理进修班 同位素实验室*
(生物学系)

摘 要

在水稻始穗期或灌浆初期,叶面喷施增产灵30—40ppm,增产素30—40ppm或苯氧乙酸80ppm,均能提高叶片含氮量,促进叶中 C^{14} 同化物的输出和提高在谷粒中的分配率,有利于谷粒的灌浆过程,从而提高水稻的结实率和千粒重,具有一定的增产作用。

自1974年以来,我省在水稻生产中应用增产灵(化学名称:4-碘苯氧乙酸)已形成群众性运动,并取得可喜的成效。据佛山地区1974年28点的试验统计,平均增产幅度为每亩稻谷44.2斤,平均增产率6.7%。1975年推广使用增产灵的面积更大。1972—73年,我们曾于本校实验农场进行增产灵的试验,对水稻的增产幅度为3.8—9.8%⁽³⁾。目前,我省其他地区也有不少单位推广使用增产灵,并取得一定的增产效果。

随着增产灵应用的发展,对合成原料之一碘片的需要大量增加。为了解决大面积使用时所带来的原料问题,根据群众的实践,我们便着手探求能否用无碘的增产灵(苯氧乙酸)来部分地代替有碘的增产灵(4-碘苯氧乙酸),或在部分的田亩上应用增产素(4-溴苯氧乙酸)。

从这个指导思想出发,在本试验中我们将比较这三种药剂对水稻的生理效应和产量的作用,试图找出一些规律性的东西,为推广应用这类植物生长调节剂而努力!

试 验 方 法

1975—76年的田间试验均在本校实验农场进行。1975年晚造试验品种广二安,小区面积0.03亩,三次重复,规格7×3(寸),每科插8—10苗。7月27日移植,11月11日

* 本文由傅家瑞执笔。1977年3月16日接稿。

收获。于10月7日始穗期分别喷施增产灵40ppm,增产素40ppm及苯氧乙酸80ppm。另外,还设有喷第二次的组别,在第一次喷后9天(即10月16日)再喷。施药后4、11、18、25天,每组取样20株,调查地上部各器官干重及谷粒灌浆速度。采收前取样考种,调查有效穗数、每穗粒数、结实率及千粒重。收获后计算小区产量。

1976年早造试验品种珍珠矮,小区面积0.03亩,三次重复随机排列,插植规格7×3(寸),每科6—8苗。4月7日移植,7月8日收获。基肥200担土杂肥,分蘖期追肥12斤尿素,中期退赤不够,后期不施肥。7月15日灌浆初期分别喷施增产灵30ppm、增产素30ppm及苯氧乙酸80ppm。另设一组为增产灵30ppm和苯氧乙酸80ppm混合喷施。采收前进行考种,收获后测定产量。

另外,用80、120、160ppm苯氧乙酸在灌浆初期喷施,调查不同浓度苯氧乙酸对水稻穗粒性状的影响。

两年来还用盆栽水稻进行同位素示踪试验。试验品种和插植期均与田间小区试验相同。1975年晚造在始穗期喷药,经1、10、20天后,分别以 $C^{14}O_2$ 喂饲水稻主茎的剑叶,1976年早造在灌浆初期喷药,经10天后,同样喂饲 $C^{14}O_2$ 。喂后两天,分别测定主茎的剑叶片、剑叶鞘、茎及谷粒四部分的放射性强度。示踪试验用的装置是密闭系统⁽¹⁾。密闭系统总容积为1—1.5立升, CO_2 浓度约1%,内含 $C^{14}O_2$ 的放射性强度为100微居里。每次共喂4株,每株约供25微居里。光合进行的持续时间为30分钟,然后用NaOH回收残留的 $C^{14}O_2$ 15分钟。

待测样品烘干剪碎后,称取50毫克铺于样品盆中,用弱 β -钟罩形计数管进行放射性强度的测定。分别计算出喂饲叶片中 C^{14} 同化物的输出率,以及不同器官中 C^{14} 同化物的分配率。抽穗后,水稻剑叶的光合产物极少向根部运转,也甚少运往其他的叶部,故不测定根部及其他的叶部放射性强度。在测定谷粒放射性强度时,把穗轴作为茎部。

C^{14} 同化物输出率和分配率的计算公式如下:

$$\text{输出率} = \frac{\text{从喂叶运至其他器官的 } C^{14} \text{ 同化物量(脉冲/分)}}{\text{喂叶 } C^{14}O_2 \text{ 总同化物量(脉冲/分)}} \times 100$$

$$\text{分配率} = \frac{\text{某一器官的总放射性强度(脉冲/分)}}{\text{整株总放射性强度(脉冲/分)}} \times 100$$

1975年晚造试验,在喷药后4、11、18、25天,分别取功能叶制成干样品,用凯氏法测定全氮含量。

试验结果

(一) 增产灵、增产素和苯氧乙酸对水稻灌浆过程中光合产物运转分配的影响
绿色的叶片在光下摄取 CO_2 合成有机物质,通过输导组织运转至各个器官。施

用植物生长调节剂将引起叶片中光合产物输出速度和在不同器官中分配量的变化。在水稻灌浆过程中，这种有机物质的运转分配过程在很大程度上影响到产量的形成。

1、三种生长调节剂对水稻叶片C¹⁴同化物输出率的影响

在始穗期施用增产灵、苯氧乙酸后第一天，剑叶中C¹⁴同化物的输出率基本上不变化。

不论在始穗期或灌浆初期，喷施生长调节剂10—20天后，剑叶中C¹⁴同化物的输出率均提高。三种调节剂都有促进作用，其中以喷施两次的比喷施一次的作用较明显（表1）。

增产灵与苯氧乙酸在提高输出率上有不同的特点。施药后1—10天，增产灵提高输出率的效果大于苯氧乙酸，而在施药后20天，则苯氧乙酸的药效却反而大于增产灵（图1）。

2、三种生长调节剂对水稻C¹⁴同化物在各器官中分配的影响

在始穗期施用增产灵或苯氧乙酸后第一天，从剑叶运转至茎部的C¹⁴同化物量比对照多，用苯氧乙酸处理的，剑叶鞘部暂时贮存的C¹⁴同化物量也有所增加。反之，用增产灵或苯氧乙酸处理的，流入穗部的C¹⁴同化物量却低于对照（表1）。始穗期正是穗下节间迅速伸长和穗轴抽出期，茎部表现强烈的生长过程，增产灵和苯氧乙酸有加速光合产物向生长中心输入的作用。

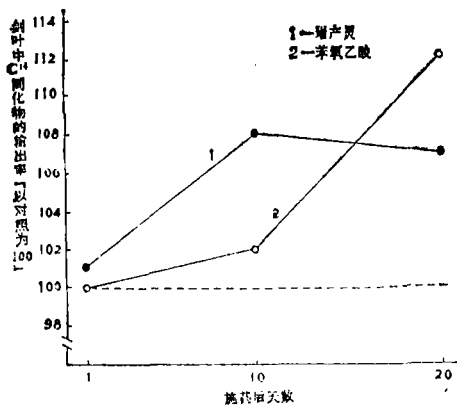


图1 增产灵与苯氧乙酸对水稻剑叶中C¹⁴同化物输出率的影响

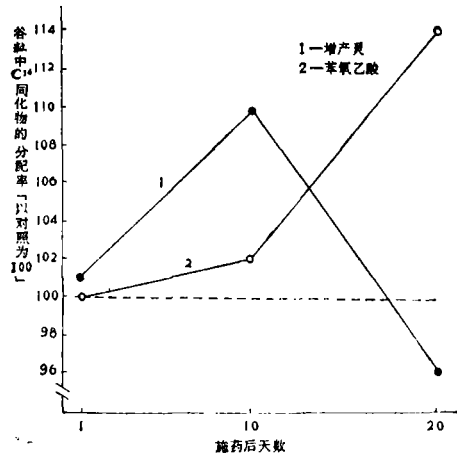


图2 增产灵与苯氧乙酸对水稻谷粒中C¹⁴同化物分配率的影响

在始穗期或灌浆初期施药后10天，稻穗已进入灌浆期，谷粒成为代谢中心。施用三种生长调节剂均不但提高剑叶的输出率，而且也增加谷粒中C¹⁴同化物的分配率（表1）。此时，增产灵的促进作用大于苯氧乙酸。及至施药后20天，苯氧乙酸的促进作用却比增产灵大（图2）。施用增产灵20天后，虽然输出率比对照高，但

表1 三种生长调节剂对水稻叶片 C^{14} 同化物的输出和分配的影响

試驗 时期	施药期	喂 $C^{14}O_2$ 时期	处 理	C^{14} 同化物在不同器 官中的分配率(%)				剑叶輸出率 (%)	
				喂叶	喂鞘	茎部	谷粒		
1975年 晚 造	始	施药后 一天	对 照	24.39	8.68	44.41	22.52	75.61	
			增产灵40ppm. 喷一次	23.46	7.43	51.34	17.77	76.54	
			苯氧乙酸80ppm. 喷一次	24.94	12.33	49.02	13.71	75.06	
		施药后 十天	对 照 (1)	17.22	2.48	1.17	79.24	82.78	
			增产灵40ppm. 喷一次	14.65	2.94	1.01	81.61	85.35	
			增产灵40ppm. 喷两次	10.52	1.21	1.37	86.89	89.48	
	施药后 二十天	对 照 (2)	15.16	1.20	0.63	83.02	84.84		
		苯氧乙酸80ppm. 喷两次*	13.06	1.28	0.72	84.99	86.94		
		对 照	24.19	3.18	1.14	71.51	75.81		
	造	期	施药后 二十天	增产灵40ppm. 喷一次	18.52	11.21	1.78	68.50	81.48
				增产灵40ppm. 喷两次	18.80	9.23	1.55	70.40	81.20
				苯氧乙酸80ppm. 喷两次	14.73	2.44	0.88	81.94	85.27
对 照				9.12	1.30	0.98	88.59	90.88	
1976年 早 造	灌 浆 初 期	施药后 十 天	增产灵30ppm. 喷一次	7.05	0.74	0.71	91.50	92.95	
			增产李30ppm. 喷一次	5.37	0.64	0.96	93.06	94.63	
			苯氧乙酸80ppm. 喷一次	6.55	0.65	0.89	91.91	93.45	
			对 照	9.12	1.30	0.98	88.59	90.88	

* 此次試驗在当天下午喂飼 $C^{14}O_2$ (其余試驗均在上午喂飼 $C^{14}O_2$)

谷粒的分配率却降低, 因 C^{14} 同化物较多积累于鞘内, 对照株的鞘部 C^{14} 同化物的分配率为3.18%, 以增产灵处理一次和两次的则分别为11.21%和9.23%。可是施用苯氧乙酸的并不发现鞘部积累较多 C^{14} 同化物, 其鞘部 C^{14} 同化物分配率仅为2.44%, 比对照略低, 而谷粒的分配率则较高(表1)。

据 Oshima 的示踪试验结果, 贮藏在叶茎中的淀粉, 其中90%可转移至谷粒中⁽⁷⁾。因此, 似可推论, 茎鞘部的 C^{14} 同化物量的增多, 是营养物质的暂时贮藏, 鞘茎只起“转运站”的功能。

3、喷施次数对 C^{14} 同化物运转分配的影响

喷施的次数也会影响到药效的大小和持续期。据我们1972—1973年的试验结

果,喷施增产灵3—5天后,在鞘内与谷粒中的碳水化合物含量有较大的变化,表明此时可能进入药效的高峰期^[3]。施用增产灵10—20天后,仍然可见药效,其中以喷施两次的比喷施一次的较为明显。喷施两次的,在10天后测定 C¹⁴ 放射性强度,不论是剑叶 C¹⁴ 同化物输出率或是谷粒中 C¹⁴ 同化物的分配率,均比喷施一次的为高(图3)。施药后20天,虽然剑叶输出率高于对照,但谷粒分配率却低于对照。如喷施两次,谷粒中 C¹⁴ 同化物的分配率则比单喷一次的有所改善(图3)。

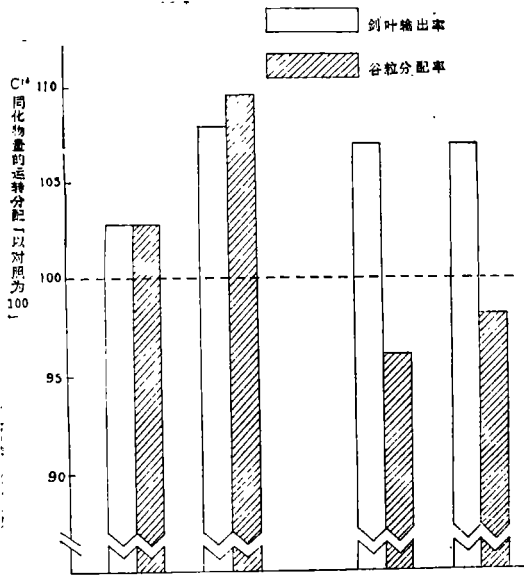


图3 增产灵喷施不同次数对水稻植株内C¹⁴同化物中运转分配的影响

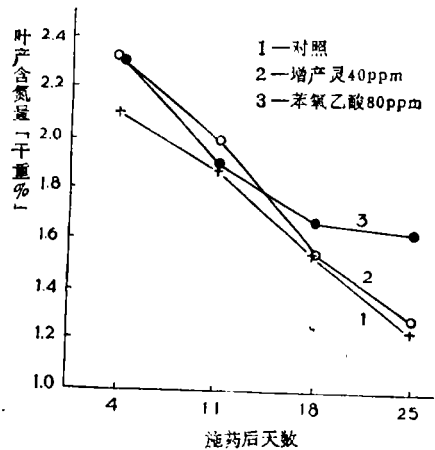


图4 增产灵、苯氧乙酸对水稻叶片含氮量的影响

群众在生产实践和科学实验中认识到喷施两次增产灵比喷施一次的效果要好。本示踪试验则从有机物质的运转分配方面证明喷施两次的比喷施一次的更能促进谷粒的灌浆,和群众的实践经验是一致的。

(二) 增产灵、增产素和苯氧乙酸对水稻叶片含氮量的影响

施用增产灵、增产素和苯氧乙酸后4—25天的期间内,水稻叶片的含氮量大都有所提高(个别数值除外)(表2)。喷施增产灵或苯氧乙酸两次的,叶片含氮量的增加比喷施一次的更为明显。随着施药后天数的延长,增产灵处理株的叶片含氮量愈来愈接近对照株,而苯氧乙酸处理株的叶片含氮量仍保持较高水平(表2,图4)。

增产素对水稻叶片含氮量的影响与苯氧乙酸略为相似。

表2 始穗期施用植物激素对水稻叶片含氮量的影响
(单位: 干物重的百分率)

组 别	*施药后天数			
	4	11	18	25
对 照	2.10	1.89	1.54	1.24
增产灵 40ppm 喷一次	2.31	1.97	1.54	1.22
增产灵 40ppm 喷两次	—	2.01	1.54	1.30
苯氧乙酸 80ppm 喷一次	2.31	2.07	1.54	1.33
苯氧乙酸 80ppm 喷两次	—	1.91	1.68	1.63
增产素 40ppm 喷一次	2.00	2.07	1.68	1.35

*以第一次施药为准(第二次施药与第一次施药相隔9天, 施药后35天收获)

(三) 增产灵、增产素和苯氧乙酸对水稻产量和经济性状的影响

1、对水稻籽粒灌浆过程的影响

在喷施增产灵、增产素及苯氧乙酸后定期采取穗中部的谷粒, 每穗25粒, 烘干后称重。喷施生长调节剂的水稻, 总的趋势是: 谷粒干重增加稍快, 其中喷施两次的又比喷施一次的为快(表3)。在施药后4—18天(即扬花和灌浆初期), 生长调节剂对千粒重增加的促进作用较明显, 尤其是喷施两次药剂的。在施药后18—25天, 谷粒干重增加迅速, 从测定的数据看, 有些处理组合的千粒重反而小于对照, 而在收获时(即喷药后35天)各组合的千粒重均比对照大。原因可能与谷粒的成熟度有关, 亦可能与处理株的同化物暂时较多地贮存于鞘部有关。总的来说, 调节剂有促进谷粒灌浆, 提高千粒重的作用。

表3 始穗期喷施生长调节剂对水稻籽粒灌浆过程中千粒重变化的影响(千粒重, 克)

组 别	施 药 后 天 数				
	4	11	18	25	35
对 照	3.3	12.0	14.6	22.1	21.9
增产灵 40ppm 喷一次	4.0	11.9	15.0	22.7	22.9
增产灵 40ppm, 喷两次	3.9	12.5	15.2	22.0	—
苯氧乙酸80ppm, 喷一次	3.7	11.7	15.0	21.3	22.4
苯氧乙酸80ppm 喷两次	4.0	12.5	14.7	22.6	—
增产素40ppm, 喷一次	4.1	12.3	15.1	21.9	22.4

2、对水稻产量及穗粒性状的影响

两年来的小区试验结果,除一平产外,均有不同程度的增产效果,增产幅度为3.0—8.8%,其中以增产灵的效果较大,增产素次之(表4)。总的情况,增产组别的产量与考种数据,与同位素示踪试验结果基本上是相符的。

平产的一例是1976年的苯氧乙酸处理组,如从考种数据看,结实率和千粒重均比对照高,理论产量应当高于对照组。现为平产,很可能受到别的因素所影响。

穗数,粒数和粒重是产量构成因素。除穗数在喷药时基本决定外,经生长调节剂处理的植株,其结实率和千粒重均有明显的提高(表5、6)。其中以喷施两次的比喷施一次的,每穗实粒数和结实率都增加得明显些,当增产灵和苯氧乙酸混合施用,结实率和千粒重均有所提高,从而提高产量。

表4 增产灵、增产素、苯氧乙酸对水稻产量的影响

造 别	处 理	每亩产量(斤)	产量增减(斤)	增(减)产率(%)
1975年 晚 造	对 照	596.8		
	增产灵 40ppm, 喷一次	649.5	+52.7	+8.8%
	苯氧乙酸80ppm, 喷一次	612.3	+15.5	+2.6%
	增产素 40ppm, 喷一次	612.3	+15.5	+2.6%
1976年 早 造	对 照	732.2		
	增产灵 30ppm, 喷一次	756.0	+23.8	+3.0%
	苯氧乙酸80ppm, 喷一次	732.2	0	0
	增产灵30ppm +苯氧乙酸80ppm, 喷一次	763.3	+31.1	+4.2%
	增产素30ppm, 喷一次	758.9	+26.7	+3.6%

表5 增产灵、增产素、苯氧乙酸对水稻经济性状的影响(1975年晚造)

组 别	每 科 有效穗数	每 穗 总粒数	每 穗 实粒数	结 实 率(%)	千 粒 重(克)
对 照	6.9	84.1	51.2	60.9	21.9
增产灵40ppm, 喷一次	8.5	76.4	48.2	63.0	22.9
增产灵40ppm, 喷两次	8.3	84.0	56.3	66.8	—
苯氧乙酸80ppm, 喷一次	7.3	81.6	50.0	61.3	22.4
苯氧乙酸80ppm, 喷两次	7.3	90.1	64.4	76.6	—
增产素40ppm, 喷一次	7.8	70.4	48.8	69.3	22.4

表6 增产灵、增产素、苯氧乙酸对水稻经济性状的影响(1976年早造)

组 别	每 科 有效穗数	每穗 总粒数	每穗 实粒数	结实率(%)	千粒重(克)
对 照	9.9	101.4	56.0	55.4	22.0
增产灵30ppm	8.7	105.1	60.0	57.1	22.2
苯氧乙酸80ppm	9.2	102.4	68.3	66.7	22.5
增产灵30ppm + 苯氧乙酸80ppm	9.6	94.4	56.3	59.6	22.9
增产素30ppm	9.5	107.7	64.1	59.5	22.6

3、不同浓度苯氧乙酸的作用

在灌浆初期用80-120ppm苯氧乙酸喷施水稻,每穴粒数和粒重均有所增加,其中以120ppm的浓度较佳,每穴实粒数增加约达19%。当浓度增高至160ppm时,粒数与粒重均下降,出现不良的影响(表7)。我们初步认为,80ppm苯氧乙酸对水稻有促进的生理效应,可能会提高产量,但并不是最适浓度。今后可适当提高浓度,以120ppm浓度为基础开展实验,寻找对水稻增产的最适用量。

表7 不同用量的苯氧乙酸对水稻穗粒性状的影响
(1976年早造,珍珠矮)

组 别	苯 氧 乙 酸 用 量			对 照
	80ppm	120ppm	160ppm	
每穴实粒数	1278	1430	910	1200
千粒重(克)	23.5	23.2	22.7	22.7

讨 论

苯氧乙酸是一种具有很微弱活性的生长调节剂,因而以往应用的兴趣一直集中到它的衍生物,如活性很强的2,4-D、二甲四氯、4-氯苯氧乙酸(4-CPA)上⁽⁴⁾。用亚麻和小麦幼苗根系进行生物测定,得知卤族元素占据苯氧乙酸的第四位时,生长素活性便有明显的增强,其活性增强的顺序随卤素原子大小而变化,即Cl>Br>I⁽⁶⁾。增产灵是碘代第四位的苯氧乙酸衍生物,增产素是溴代第四位的苯氧乙酸衍生物,其活性低于4-CPA及2,4-D等生长调节剂。可是,我国劳动人民坚持自力

更生的方针，在文化大革命期间研制成功增产灵，并迅速开展大田试验，在棉花、大豆生产上取得显著成效，在水稻、小麦上应用也有一定的效果^{〔6〕}。其后，广西等地又试制成功增产素，并应用到大田生产实践中。

“实践出真知”。活性较低的溴代和碘代苯氧乙酸(即增产素和增产灵)，经过实践检验，在水稻生产中可以有效地施用。我们遵循毛主席的教导，通过两年来的科学实践，初步认识到苯氧乙酸虽然在生物测定中活性微弱，但只要浓度适宜，使用合理，同样地也能起到激素的调节作用。应用苯氧乙酸既可节约原料碘片，又可简化合成途径，降低成本，同时还便于使用。在配药时，增产灵需用多量酒精才能溶解，而配制苯氧乙酸却可节约酒精用量。

从两年来的初步试验结果看，增产灵、增产素及苯氧乙酸三种生长调节剂均能提高水稻叶片含氮量，促进 C^{14} 同化物的运转和提高谷粒的分配率，有利于灌浆过程，增加结实率和千粒重，从而导致水稻的增产。和赤霉素(920)相比，它们的生理作用是比较平稳缓慢的，在施药后3—5天，对碳水化合物的运转分配才逐渐表现较明显的效应^{〔3〕}；当用赤霉素处理后，只在一天内就显著地出现促进的生理效应^{〔1,2〕}。

这三种生长调节剂又各有其特殊性。从同位素示踪试验和含氮量测定中可以观察到它们之间的差异。在三者当中，增产灵的作用较速和较明显，适宜的浓度较低(一般为30—40ppm)，而苯氧乙酸的作用较弱和较迟缓，有效浓度较高(80—120ppm)，但有效的持续期较长；增产素则近似增产灵。因此，在应用苯氧乙酸时，如在抽穗期前后喷施，宜早不宜迟，施用浓度要比增产灵大2—3倍。施药两次的又比施药一次的效果较大。增产灵的增产效果较稳定与良好，但如何进一步提高它的增产效果，尚待深入研究。1972年，我们在水稻破口期施用增产灵，其增产率为9.8%；1976年，却仅为3.0%。增产效果往往受到复杂因子的影响，在栽培管理上存在可寻的线索。1976年的小区试验，基、追肥偏施氮而缺磷、钾，水稻生长过旺，后期熟色不佳；1972年试验田，早晒、晒好，且促控结合较好。稻株的长相长势，显然影响到药效大小。

增产灵的作用较速，苯氧乙酸的作用较缓，如将两种药剂混合使用，比单独施用效果较大。建议今后对这个做法继续进行试验，力求提高增产灵、增产素和苯氧乙酸的药效，为农业大上快上多作贡献！

参 考 文 献

- [1] 中山大学生物学系植物生理遗传学教研室, 应用放射性碳(C^{14})研究赤霉素对水稻光合产物运转与分配的生理效应。中山大学学报, 1974(3): 1—10.
- [2] 中山大学生物学系植物生理遗传学教研室, 赤霉素对水稻体内碳水化合物代谢的影响。中山大学学报, 1974(3): 11—22.
- [3] 中山大学生物学系植物生理遗传学教研室, 增产灵对水稻产量的生理作用。中山大学学报1974(3): 39—43.
- [4] 罗士章等编, 1963. 《植物激素》, 上海科技出版社。
- [5] 保定化工实验厂, 植物激素增产灵的应用效果。农药工业, 1970(9): 33—35。
- [6] Åberg, B., 1956. On the effects of para substitution in some plant growth regulators with phenyl nuclei In Wain, R. L. & Wightman, F, (ed). «The Chemistry and Mode of Action of Plant Growth Substances» p. 93—116. Butterworths, Sci. Pub. London.
- [7] Oshima, M., 1966. Translocation and redistribution of the assimilated C^{14} in rice plant. J. Sci. Soil Manure, Tokyo, 37(1): 589—93.