

环糊精对麦类作物生长发育及生理功能的影响*

韩发 贲桂英 马晓明

(中国科学院西北高原生物研究所)

环糊精(cyclodextrins)是一种能包接复合许多有机和无机分子的简单的大分子化合物。它是由6个或更多的葡萄糖分子形成的环状低聚糖的总和。按其所含葡萄糖分子数目的多少,分为 α -环糊精(含6个), β -环糊精(含7个), γ -环糊精(含8个)等。Tétényi(1981)指出,环糊精溶液用于浸种,会使禾谷类作物的前期生长发育受到抑制,而后期促进植株的生长,并能使禾谷类作物增产8—12%。目前,国内未见这方面工作的报道。为了证明环糊精对禾谷类作物的增产效果,作者探讨了 α -环糊精对大麦和春小麦种子发芽,幼苗生长发育,光合作用和淀粉酶活性变化等多种生理功能的影响,为环糊精能否真正提高禾谷类作物产量并在生产上推广使用提供依据。

一、材料与方 法

试验材料为大麦和春小麦品种“阿勃”,试验中所用的 α -环糊精,为中国科学院兰州化学物理研究所提供。

用碘试剂法(朱广廉,1980)测定 α -淀粉酶活性。种子用0.5%的氯化汞消毒4—5分钟,先后用自来水,蒸馏水和无菌水冲洗5—6次。然后在无菌条件下把种子放入4个灭菌培养皿内,其中3个分别加入15毫升摩尔浓度为 10^{-2} 、 5×10^{-2} 、 10^{-1} 的 α -环糊精溶液,另一个加水作为对照。每个培养皿中30粒种子。分4个培养皿处理2次重复。在22—23℃恒温室中,浸泡48小时后,从4个培养皿中分别取出萌动种子各10粒(萌动状态基本一致),以无菌操作法用刀片将种子横切成均匀的两部分,然后将有胚和无胚种子分别放入盛有 10^{-3} 摩尔浓度的醋酸缓冲液和1毫升无菌水的具塞试管中。放在22—23℃的恒温条件下振荡培养24小时,然后吸取上清液0.1毫升测定其各自的淀粉酶活性。

同时,用1.0%、0.8%和0.5%的 α -环糊精溶液浸种48小时后进行盆栽;观测 α -环糊精溶液浓度对麦苗生长发育的影响。从浸种之日起,每隔3天观测一次苗的高度,每次观测10株。

* 本研究工作是中国科学院西北高原生物研究所与兰州化学物理研究所合作项目的一部分。

青海工农学院1984年毕业生刘林芝参加了部分研究工作。

本文1985年8月1日收到。

淀粉酶、同工酶的测定按照朱广廉(1981)所介绍的方法进行;叶绿素含量的测定按吉田昌一(1971)的方法,用 ASSA-1610 型植物同化仪测定春小麦旗叶的光合速率。

二、结果与讨论

(1) 不同浓度的 α -环糊精溶液对大麦和春小麦种子发芽和幼苗生长发育的影响。

分别用 10^{-2} 、 5×10^{-2} 、 10^{-1} 克分子浓度的 α -环糊精溶液浸泡大麦和春小麦种子 24 小时和 48 小时后它们的发芽情况如表 1。

表 1 不同浓度的 α -环糊精溶液对大麦和春小麦种子发芽的影响

Table 1 Effect of α -CDS of different concentrations on the germination of seeds of barley and spring wheat

品 种 Varieties	处理浓度(mol/L) Concentration of α -CDS (mol/L)	发 芽 率 (%) Germination percentage (%)		浸 48 小时后幼苗高度 (厘米) Height of seedling after soaking of seeds for 48 hours (cm)
		浸种 24 小时 Soaking of seeds for 24 hours	浸种 48 小时 Soaking of seeds for 48 hours	
大 麦 Barley	0	75.0	95.0	0.72
	10^{-2}	60.0	85.0	0.40
	5×10^{-2}	17.5	67.5	0.20
	10^{-1}	0	20.0	0
春小麦(阿勃) Spring wheat (Abbondanza)	0	87.5	95.0	0.65
	10^{-2}	75.0	100.0	0.45
	5×10^{-2}	7.5	20.0	0.20
	10^{-1}	0	22.5	0

* α -CDS = α -环糊精溶液 α -Cyclodextrin Solution

由表 1 可知,大麦和春小麦(阿勃)种子的发芽率,浸泡 48 小时的比浸泡 24 小时的高。同时,随着 α -环糊精溶液浓度的增大,萌发率逐渐降低。另外,浸种 48 小时后幼苗高度与溶液浓度高低关系较大,即在所述浓度范围内,浓度越高对幼苗高度的抑制程度就越强,浓度低时抑制的程度就较弱。这与 Tétényi (1981) 和 Szejtli (1983) 用黑麦和小麦做试验所得到的结果基本一致。

在观察 α -环糊精对大麦和春小麦幼苗生长发育的影响时,先做了预备试验。分别用 1.5%、1.0% 和 0.8% 的 α -环糊精溶液浸种,结果发现 1.5% 的 α -环糊精溶液对大麦和春小麦幼苗生长抑制过甚,以致幼苗后期不能恢复生长,有的幼苗甚至枯萎死亡。因此,盆栽试验均采用 1.0%、0.8% 和 0.5% 的 α -环糊精溶液浸种。结果见表 2。

从表 2 可知,用 α -环糊精溶液处理过的春小麦生长了 3 天的幼苗高度比对照组平均低 22.8%,大麦的高度平均低 55.7%。随着培育时间的延长, α -环糊精对麦苗的抑制逐渐减弱。经过 30 天的生长,处理组的麦苗高度均超过对照组,分别为 5.3%、2.8% 和 1.3%。这说明在上述浓度范围内的 α -环糊精溶液对麦苗生长发育的抑制是可逆的,并且前期受抑制程度越大的幼苗,后期恢复生长的速度就越慢,赶上对照组植株高度所需要的时间就越长。而且也能看出,无论春小麦幼苗还是大麦幼苗,第 6 天被抑制的程度最大,9 天后抑制程度减小。这与 Szejtli (1983) 的报道相似。这可能是 α -环糊精溶液处理种

表 2 不同浓度的 α -环糊精溶液对春小麦和大麦幼苗生长发育的影响

Table 2 Effect of α -CDS of different concentrations on the growth of seedling of spring wheat and barley

品种 Varieties	溶液浓度 (百分比浓度) Concentration of α -CDS (%)	苗 的 高 度 (厘 米) Length of seedlings (cm)					
		3 天 3 days	6 天 6 days	9 天 9 days	12天 12 days	15天 15 days	30天 30 days
春小麦(阿勃) Spring wheat (Abbondanza)	0	0.83	4.25	8.83	13.00	14.48	18.43
	0.5	0.68 (-18.07%)	3.31 (-22.12%)	8.13 (-7.93%)	12.00 (-7.70%)	13.73 (-5.18%)	19.40 (+5.26%)
	0.8	0.63 (-24.10%)	2.72 (-36.00%)	6.65 (-24.69%)	10.00 (-23.08%)	12.36 (-14.64%)	18.94 (+2.77%)
	1.0	0.60 (-27.71%)	2.33 (-45.18%)	6.56 (-25.71%)	10.47 (-19.46%)	12.23 (-15.54%)	18.67 (+1.30%)
大麦 Barley	0	0.61	1.46	3.09	5.30	7.57	
	0.5	0.27 (-55.74%)	0.63 (-56.85%)	2.71 (-12.30%)	5.40 (+1.89%)	8.09 (+6.87%)	
	0.8	0.27 (-55.74%)	0.67 (-54.11%)	1.66 (-46.28%)	4.30 (-18.87%)	6.59 (-12.90%)	
	1.0	0.27 (-55.74%)	0.58 (-60.27%)	1.09 (-64.72%)	3.50 (-33.96%)	6.07 (-19.82%)	

子后,抑制了种子淀粉酶的活性,从而使春小麦和大麦幼苗初期的生长受到抑制;约在 30 天内,种子吸收的 α -环糊精随着时间的延长被植株慢慢代谢了,麦苗后期的生长速度便因而加快。

在盆栽试验中,分别用 0、 10^{-2} 、 5×10^{-2} 和 10^{-1} 克分子浓度的 α -环糊精溶液浸泡的春小麦和大麦种子,对照组较处理组早出苗 1—3 天,早分蘖 1—2 天,而分蘖盛期处理组的分蘖数分别为 21.0、26.0 和 22.5 株,对照组小麦的分蘖数平均只有 19 株。处理组比对照组增加分蘖 11—37%,此结果与 1983 年和 1984 年两年的大田试验结果一致。这证明不同浓度的 α -环糊精溶液对增加春小麦和大麦的分蘖都具有显著的促进效应。

(2) 不同浓度的 α -环糊精溶液对春小麦叶片叶绿素含量和光合速率的影响

由表 3 可知,经不同浓度的 α -环糊精溶液处理过的春小麦种子,在分蘖期叶绿素含量比对照组低 19.87%;在拔节期,除用 10^{-1} 摩尔浓度处理的春小麦叶绿素含量低于对照组外,其余两处理组的叶绿素含量均高于对照组。这与 α -环糊精对麦苗的生长前期有抑制作用,对后期有促进作用的观点基本符合。另外,在春小麦的分蘖期,拔节期和孕穗期,以水为对照,用 1% 的 α -环糊精溶液喷雾处理春小麦的叶片,在孕穗期测定 7 个不同处理次数的植株剑叶的光合速率和干物重。结果如表 4,其差异不十分明显。但仍可看出,各生育期连续喷雾处理的或测定光合速率前喷雾处理的 A、D 和 F 的光合速率比对照低,而前期喷雾的 B、C 和 E 的光合速率均高于对照组。且处理组的干物重均高于对照组。这就说明, α -环糊精对春小麦植株的干物质积累有促进作用,对春小麦的光合作用具有竞争抑制作用。不过,用 1% α -环糊精溶液处理春小麦叶片的最佳时间和喷雾次数均有待于进一步研究。

(3) α -环糊精对大麦和春小麦 α -淀粉酶活性及其淀粉酶同工酶的影响

不同浓度的 α -环糊精溶液处理的种子,不论是大麦还是春小麦其淀粉酶活性都有一定程度的改变。

表3 不同浓度的 α -环糊精溶液对春小麦叶片叶绿素含量的影响(毫克/克鲜重)

Table 3 Effect of α -CDS of different concentrations on the content of chlorophyll of spring wheat (mg/g fresh weight)

溶液浓度(摩尔/升) Concentration of α -CDS (mol/L)	0	10^{-2}	5×10^{-2}	10^{-1}
生育期 Growth phase				
分蘖期 Tillering	1.630	1.280	1.290	1.320
拔节期 Elongation	3.380	3.507	3.657	3.283

表4 1%的 α -环糊精溶液对春小麦光合速率的影响

Table 4 Effect of 1% α -CDS on the photosynthesis of leaves of spring wheat

处理(1% α -环糊精) Treatment (1% α -CDS)	对照(水) Control (water)	A*	B	C	D	E	F
项目 Item							
光合速率(CO ₂ 毫克/分米 ² ·小时) Photosynthesis (CO ₂ mg/dm ² ·h)	20.438	17.988	21.556	21.416	19.477	23.032	19.749
干物重(克/分米 ²) Dry weight (g/dm ²)	3.871	4.542	4.140	4.052	4.590	4.266	4.335

* A. 分蘖期、拔节期和孕穗期均喷雾 (Spraying upon plants at tillering, elongation and boot stage);

B. 分蘖期喷雾 (Spraying upon plants at tillering);

C. 拔节期喷雾 (Spraying upon plants at elongation);

D. 孕穗期喷雾 (Spraying upon plants at boot stage);

E. 分蘖期和拔节期喷雾 (Spraying upon plants at tillering and elongation);

F. 拔节期和孕穗期喷雾 (Spraying upon plants at elongation and boot stage).

表5 α -环糊精对大麦和春小麦 α -淀粉酶活性的影响*

Table 5 Effect of α -CDS on the activity of α -starchase of spring wheat and barley

溶液浓度(摩尔/升) Concentration of α -CDS (mol/L)	大麦 Barley				春小麦 Spring wheat			
	0	10^{-2}	5×10^{-2}	10^{-1}	0	10^{-2}	5×10^{-2}	10^{-1}
半粒种子 Half seed								
有胚 With embryo	0.035	0.064	0.190	0.210	0.027	0.026	0.029	0.119
无胚 Without embryo	0.210	0.220	0.223	0.290				

* 表内测定的结果均为620nm光密度值。

The result of determination in table is optical density (620 nm).

从表5可知,有胚大麦的 α -淀粉酶活性比无胚的差异要明显;大麦的整个酶活性变化比春小麦的要明显。随着 α -环糊精溶液浓度的增大, α -淀粉酶活性受抑制的程度也在增加。即大麦半粒种子的光密度值愈来愈大,春小麦虽有此趋势,差异却不明显。大麦

对照组有胚和无胚半粒种子的光密度值低于所有的处理组；而春小麦除用 10^{-2} 摩尔/升的处理组外,其余两组均高于对照组的光密度值。在不同浓度的 α -环糊精溶液的处理条件下,大麦无胚半粒种子的光密度值与对照组相比虽然差异不大,但都具有增加的趋势。

从得到的 4 个组的大麦淀粉酶同工酶谱带来看(图 1),4 组之间大麦种子的同工酶谱带数目及其酶活性有一定变化。随着溶液浓度的增大,淀粉酶同工酶的活性有减弱趋势。对照组的酶谱带有 8 条,处理组有 5—6 条,比对照组少了 2—3 条。这种受 α -环糊精溶液浓度的影响同工酶被部分抑制的趋势与所述浓度范围内测得的 α -淀粉酶活性的变化规律一致。由此可见,不同浓度的 α -环糊精溶液处理种子后麦苗前期的生长总是延迟。这可能与种子组织内淀粉酶活性的下降以及其同工酶受抑制分不开。

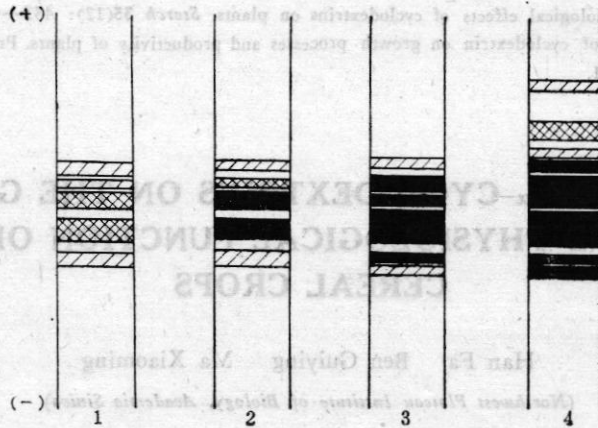


图 1 用 α -环糊精溶液处理大麦种子后淀粉酶同工酶谱带的模式图

Fig. 1 Diagram of starchase isoenzyme pattern after treating barley seeds with α -CDS of different concentrations.

1. 用 10^{-1} 摩尔/升浸种; Soaking of seeds in 10^{-1} mol/L;
2. 用 5×10^{-2} 摩尔/升浸种; Soaking of seeds in 5×10^{-2} mol/L;
3. 用 10^{-2} 摩尔/升浸种; Soaking of seeds in 10^{-2} mol/L;
4. 对照(水) Control (water).

三、结 语

(1) 不同浓度的 α -环糊精溶液对大麦和春小麦种子的萌发及幼苗的生长发育有明显的抑制作用,且随着 α -环糊精溶液浓度和处理时间的长短而变化。同时,对大麦和春小麦生长的抑制程度也不一样。在大麦和春小麦种子发芽和幼苗的生长等过程中, α -环糊精溶液所表现的抑制和促进作用可能是一些降解种子淀粉粒的淀粉酶受到抑制或激活所造成的(Tétényi, 1981)。

(2) 由于不同浓度的 α -环糊精溶液对大麦和春小麦的前期抑制,不仅使植株的分蘖数增加,而且使它们的叶绿素含量和干物质积累均比对照组有所增加。此外,用 1% α -环糊精溶液喷雾处理植株的叶片,能提高光合速率。这就表明:后期的促进作用对麦类作物产量,麦苗的分蘖,叶绿素含量,光合速率等的提高比较显著。

(3) 由于 α -环糊精是一种有机大分子化合物,易受气候,土壤因素和作物品种的影响

响。因此,在不同实验条件下,或在不同地区,对麦类作物生长发育以及增产效应的影响也不尽相同。所以,对用 α -环糊精干粉拌种,溶液浸种或各生育期喷雾等方法处理植株叶片来调节植物的生长发育,提高麦类作物的产量,还需要做进一步的研究。

参 考 文 献

- 吉田昌一, (北京市农业科学院作物研究所资料情报组译), 1972, 植物组织内叶绿素的测定, 水稻生理学实验手册, 38—40 页。
- 朱广廉, 1980, 赤霉素诱导大麦糊粉层细胞内 α -淀粉酶的形成, 植物生理学通讯 (4): 50—52。
- 朱广廉, 1981, 凝胶等电聚焦电泳, 植物生理学现代实验技术讲义, 北京市植物生理学会编, 33—36 页。
- 芮海风, 1985, 环糊精在生化研究、农业、药物及食品加工中的应用, 生物化学与生物物理进展 (1): 27—31。
- Saenger, W., 1980, Cyclodextrin inclusion compounds in research and industry. *Angew. Chem. Int. Ed. Eng.* 19 (5): 344—362.
- Szejtli, J. B., 1983, Physiological effects of cyclodextrins on plants. *Starch* 35(12): 433—438.
- Tétényi, P., 1981, Effect of cyclodextrin on growth processes and productivity of plants. *Proc. Int. Symp. Cyclodextrins, Ist.* 501—511.

EFFECTS OF α -CYCLODEXTRINS ON THE GROWTH AND PHYSIOLOGICAL FUNCTION OF CEREAL CROPS

Han Fa Ben Guiying Ma Xiaoming

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

This Paper deals with the effects of α -cyclodextrins on the growth and physiological function of cereal crops. The results of the experiment show that: 1. Soaking of seeds of barley and wheat in α -cyclodextrins solution of different concentrations for 1—2 days, the rate of germination of the concentrated α -cyclodextrin treated seeds under laboratory conditions is significantly lower than that of diluted α -cyclodextrin treated seeds. Moreover, the rater of germination also changes with time, the longer time the soaking of seeds takes, the lower rate of germination is. 2. The rate of growth of seedling is retarded strongly in the first 3—6 days after with α -cyclodextrin treated seeds. On the 9th day a growth stimulation is observed in wheat. After 30 days the length of plants surpasses that of the control. And tillers are 11—37% higher as compared with the control. 3. The content of chlorophyll of wheat is increased by an average of 19.87% than that of the control during tillering. In addition, photosynthesis and dry matter of wheat can be raised by treating leaves of spring wheat with 1% α -cyclodextrins solution in various growth phases. 4. α -cyclodextrins possess a strongly retarding role to the starchase of cereal crops, and when its concentration is increased, the activities of starchase isoenzyme are weakened, some bands of isoenzyme decrease or disappear.