

# 干旱条件下钙与赤霉素混合处理 种子的生理效应及增产效果

山 仑 郭礼坤 徐 萌 孙纪斌

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 在中等干旱条件下,用一定浓度的氯化钙和赤霉素混合溶液处理种子,促进了萌发和幼苗生长,并通过盆栽—小区—大田试验证明,这一方法最终提高了小麦和其他作物的产量和水分利用。研究表明,钙与赤霉素混合应用起到了两者在代谢和生长方面的互补效应,有利于对半干旱地区多变水环境的适应。

**关键词** 赤霉素(GA);钙(Ca);干旱;种子处理;互补效应

已有的试验证明,一定浓度的赤霉素(GA)有促进多种作物种子萌发和幼苗生长的作用<sup>(1,2)</sup>。钙( $\text{Ca}^{2+}$ )对增强作物抗逆性的研究也有不少报导<sup>(3,4)</sup>。我们的研究表明<sup>(5)</sup>,在中等干旱条件下,Ca和GA皆有促进糜子根芽伸长;加快出苗速度和提高成苗率的作用,但其作用机理有所不同。据此,本试验中我们首次采用Ca与GA混合处理的方法以观察对产量及有关生理过程的影响,并探讨两者结合应用在增强作物对干旱适应上的互补作用。

## 1 材料和方法

选用适应半干旱地区栽培的小麦品种红芒麦为主要试验材料,试验采用室内模拟干旱、盆栽控制灌水及田间试验相结合的方法进行。

### 1.1 室内模拟试验

用甘露醇配成浓度(0.3M)相当于-7.3Pa,中度水分胁迫的溶液,以96cm<sup>2</sup>带盖铝盒作为培养容器,内放海绵垫作为发芽床,每容器内播种25粒,重复4次。试验在20℃发芽箱中进行。用折射仪检验表明,试验期间所用培养液浓度无明显变化。

### 1.2 盆栽试验

用宁夏固原地区取回的黄绵土,容重1.15,最大毛管持水量29%,凋萎湿度6.5%。盆栽在高24cm,直径22cm的无毒塑料桶中进行,每桶装干土7kg,每处理重复8次,用称重法控制盆的恒重,出苗后控制土壤含水量:正常供水18%~20%,中度干旱10%~12%。每盆保留20株。试验在活动防雨棚下进行。

### 1.3 田间试验

在典型半干旱地区宁夏固原县及彭阳县3个试验点上进行,小区面积18m<sup>2</sup>,重复4次,另安排大田对比试验,设有对照,不设重复。

收稿日期:1993-05-26

试验设计分为4个处理:1%CaCl<sub>2</sub>拌种;50ppmGA拌种;CaCl<sub>2</sub>+GA 1:1混合拌种;以清水拌种为对照。拌种溶液为种子重量的10%,拌后推闷12h,晾干播种。考虑到生产中应用效果等方面的问题,在生长和产量试验中主要设Ca+GA和对照两个处理。

试验期间测定了种子的萌发特性,幼苗含水量及耐脱水能力。此外,用瓦氏微量呼吸计测定呼吸速率,硝酸还原法测定淀粉酶活力,FOV红外CO<sub>2</sub>分析仪测定净光合速率,LI-1600稳态气孔计测定气孔阻力,CCT法测定根系活力,比色法测定脯氨酸含量。

## 2 试验结果

### 2.1 对种子萌发和种苗耐旱力的作用

将种子置于-7.3Pa甘露醇溶液中培养7d,结果表明(表1),经GA处理的种子,能提高发芽率,促进胚芽生长,增加种苗鲜重,而Ca+GA混合处理种子效果更为明显。但经Ca处理的效果不明显。

表1 不同药剂处理对种子萌发的影响

处 理	发芽率 (%)	芽 长 (cm)	根 长 (cm)	鲜 重 (g/50 苗)	干 重 (g/50 苗)	种苗含水量 (%)	差异显著性
CK	84	2.75C	4.44C	3.770	1.408	62.65	芽长
CaCl <sub>2</sub>	80	2.72C	4.34C	3.533	1.319	62.67	F=36.39>F <sub>0.01</sub> =5.49
GA	89	3.88B	5.17B	4.258	1.482	65.19	根长
Ca+GA	91	4.36A	5.97A	4.456	1.486	67.06	F=15.08>F <sub>0.01</sub> =5.49

从胚芽脱水试验的结果(表2)看出,在脱水过程中,GA处理的失水最快,Ca处理的略低于对照,而经Ca+GA混合处理的失水率显著低于对照,表明其耐干燥力明显增强。

表2 胚芽耐脱水试验结果

处 理	不同时间(h)失水占鲜重(%)						样品鲜重 (g)	总含水量 (%)
	1	2	4	8	12	24		
CK	3.85	9.07	17.66	29.47	37.16	50.82	1.897	87.98
Ca	3.24	8.11	16.27	28.21	36.36	50.57	2.035	87.81
GA	4.28	10.65	19.44	32.33	39.63	52.05	2.150	87.67
Ca+GA	2.73	6.62	14.41	25.13	32.46	45.50	1.978	87.71

表3 药剂处理种子对于根系活力的影响

处 理	总吸收面积(m <sup>2</sup> )	活跃吸收面积(m <sup>2</sup> )	根系活力 (%)
CK	0.3328	0.1045	30.5
Ca	0.3740	0.1320	35.3
GA	0.3190	0.0770	24.1
Ca+GA	0.3465	0.1045	38.1

注:每个处理样品量为10株。

对培养于-10Pa渗透液中24h种苗根系活力测定结果(表3)表明,Ca+GA和Ca处理都有增大根系活跃吸收面积,提高根系活力的作用,而经GA处理后则降低了这种作用。

从表4所列土培试验结果看出,在土壤含水量8.6%和10.5%两种水分条件下,Ca+GA混合处理及Ca处理都不同程度地增加了种苗的出土率;而在土壤含水量为12.2%和14.0%条件下,Ca+

GA 和 GA 处理的出苗率则明显高于对照与 Ca 处理。出苗率表现出的上述差别,说明在不同土壤水分条件下 Ca 与 GA 的作用是不相同的,结合对根系活力和失水率测定结果,可以认为,在水分胁迫条件下 Ca 处理种苗表现出较强的抗旱性,在较湿润环境中 GA 促进种苗生长作用明显,而 Ca 与 GA 混合处理则起到了两者的互补作用。

表 4 不同土壤水分条件下,药剂处理种子对出苗的影响

处 理	14.0% 出苗率 4d(%)	12.2% 出苗率 5d(%)	10.5% 出苗率 6d(%)	8.6% 出苗率 ≥16d(%)
CK	48±4	58±2	68±6	0
Ca	56±2	64±3	76±4	8±2
GA	68±3	86±8	68±4	8±2
Ca+GA	56±4	80±6	76±8	12±2

### 2.2 对种苗呼吸代谢的影响

种子经处理后,在模拟干旱条件下萌发,1~9d 期间测定呼吸速率。经 GA 处理后,增强了呼吸速率,Ca 处理则降低了呼吸速率,在 Ca+GA 混合处理下呼吸速率居于二者之间(图 1)。

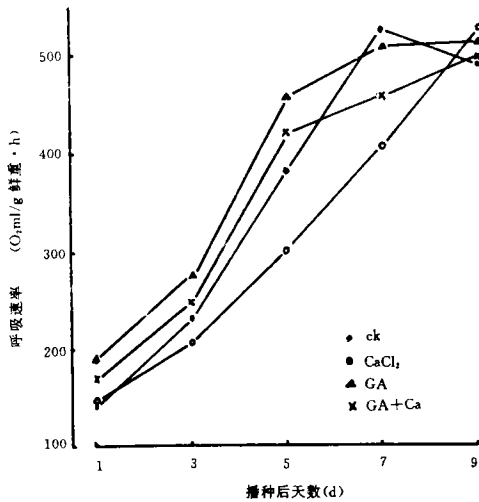


图 1 不同处理呼吸速率变化

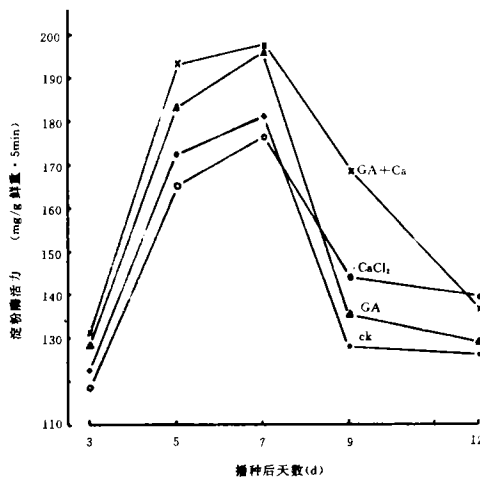


图 2 不同处理淀粉酶变化

淀粉酶活力测定结果表明(图 2),GA 处理一直高于对照,Ca 处理前期低于对照,后期下降较慢略高于对照,Ca+GA 混合处理则一直高于对照,而且高于 GA 处理,同样说明了 Ca+GA 起到了两者的互补效应。

将种苗置于渗透液中培养,各时段含水量和脯氨酸含量测定结果表明(表 5),模拟干旱下,Ca+GA 和 Ca 处理的种苗,多数情况下保持较高的含水量和较低的脯氨酸积累量,说明受到的水分胁迫较轻。

表5 各处理胚芽含水量和脯氨酸测定结果

处 理	干含水量(%)					脯氨酸(mg/g DW)				
	0	4	3	12	24(h)	0	4	8	12	24(h)
CK	988	948	874	774	696	4.932	5.966	8.857	10.518	24.657
Ca	959	944	892	826	795	4.698	4.661	5.778	11.344	20.319
GA	1021	994	915	808	764	4.393	6.857	8.251	12.170	21.967
Ca+GA	1022	973	876	844	820	4.875	4.762	5.860	8.809	19.885

### 2.3 对生长和水分利用的影响

盆栽试验结果表明。中度干旱条件下, Ca 与 Ca+GA 处理都比对照保持较高的生长速率, 各叶片长度和株高虽较为接近, 但都基本一致的大于对照(图 3)。

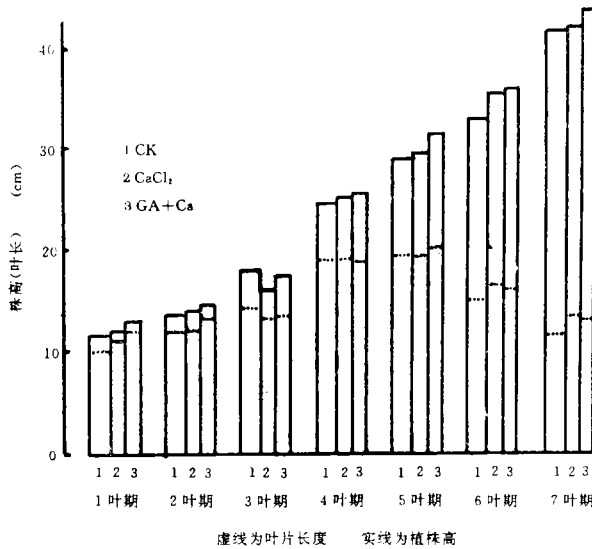


图3 不同处理对叶片生长和株高的影响

生物量测定结果与生长有一致的趋势(表 6), 且多数情况下以 Ca+GA 处理为优。另外, 进行了叶片净光合率、水势和气孔阻力的测定。从表 7 看出, Ca、Ca+GA 处理叶片净光合率稍高于对照, 并且具有较大的气孔阻力, 这有利于植株保持水分。

表6 春小麦不同生育阶段各处理的生物量

处 理	g/pot					
	三叶期		开花期		成熟期	
	地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
CK	1.101	1.011	12.99	2.436	26.31	1.894
CaCl <sub>2</sub>	1.115	1.109	14.43	2.462	27.60	2.057
Ca+GA	1.283	1.186	15.53	2.602	29.13	2.109

在中度干旱条件下, 应用盆栽对春小麦和糜子的整个生育过程进行了水分利用的专门测定。结果表明, 经 Ca+GA 处理, 一定程度上提高了水分利用效率(表 8)。

2.4 增产效果

2.4.1 盆栽度试验

试验在整个生育期保持 10%~20%土壤含水量(中度干旱)条件下进行,。结果表明(表 9),经 Ca+GA 拌种的小麦和糜子分别比对照增产 20%和 21%。统计检验结果极显著。

2.4.2 小区试验

分别在 3 个试验点上进行,所列王洼点为田间对比试验,未设重复。其中曹洼点春小麦试验增产 19.9%,洞冬小麦试验增产 22.6%,均达到极显著程度(表 10)。分析增产原因可以看出,经 Ca+GA 拌种提高了出苗率 12%~14%,植株高度增加 4~8cm,小穗数增加 5%~10%,个粒重增加 8%。

表 7 开花期不同药剂处理叶面积、叶片净光合率、水势、气孔阻力

处 理	叶面积 (cm <sup>2</sup> /pot)	净光合率 (μmol/ms)	水 势 (MPa)	气孔阻力 (s/cm)
CK	392	3.12	1.81	1.865
CaCl <sub>2</sub>	389	3.79	1.74	2.048
Ca+GA	454	3.69	1.79	2.240

表 8 Ca-GA 合剂拌种对水分利用的影响

作 物	处 理	总耗水(kg/盆)	粒重(g/盆)	生物量(g/盆)	水分利用效率(g/kg)	
					粒重/耗水	生物量/耗水
小麦	CK	19.44	10.84	35.68	0.56	1.83
	Ca+GA	21.48	13.01	40.56	0.61	1.89
糜子	CK	4.22	3.67	7.92	0.80	1.78
	Ca+GA	4.23	3.67	7.92	0.87	1.87

表 9 Ca-GA 合剂拌种盆栽试验结果

作 物	处 理	生物量 (g/盆)	比 例 (%)	籽粒产量 (g/盆)	比 例 (%)	差异显著性
小麦	CK	36.68	100.0	10.84 B	100.0	F=10.89 ≥ F <sub>0.01</sub> = 5.29
	Ca+GA	40.56	110.6	13.01 A	120.0	
糜子	CK	17.54	100.0	6.95 B	100.0	F=9.16 ≥ F <sub>0.01</sub> = 4.43
	Ca+GA	18.26	104.1	8.42 A	121.2	

表 10 Ca-GA 合剂拌种小区试验结果

地 名	作 物	处 理	产量(kg/亩)	比 例 (%)	差异显著性
固原县曹洼村	春小麦	CK	64.3 B	100.0	F=14.0 ≥ F <sub>0.01</sub> = 6.06
		Ca+GA	77.1 A	119.9	
彭阳县王洼村	春小麦	CK	111.1	100.0	
		Ca+GA	144.2	129.8	
彭阳县洞子硷村	冬小麦	CK	128.5 B	100.0	F=7.0 ≥ F <sub>0.01</sub> = 5.99
		Ca+GA	157.5 A	122.6	

### 2.4.3 大田示范

在多点小区试验的基础上进行了大田示范。1988~1990年期间,在固原县曹洼村示范春小麦602亩。测产调查,经Ca+GA拌种的平均亩产94.6kg,对照亩产76.8kg,增产幅度11.4%~26.9%;在彭阳县王洼乡示范春小麦700亩,平均亩产为100.2kg,对照78.2kg,增产28.2%;彭阳洞子硷村示范冬小麦300亩,平均亩产155.7kg,对照128.5kg,增产21.1%,示范谷子210亩,平均亩产266.5kg,对照233kg,增产14.4%。

## 3 讨 论

以上试验结果表明,Ca和GA皆有一定水分条件下促进种子萌发与幼芽伸长,以及提高成苗的作用,但其作用机理有所不同。经Ca处理后,主要通过减缓呼吸代谢,增加持水能力,以增强膜的稳定性来适应干旱,Jones等在评述Ca在植物体内的作用一文中引用了许多试验证据说明Ca对原生质膜的稳定作用<sup>[6]</sup>。GA主要通过诱导 $\alpha$ -淀粉酶的合成,增强萌发种子的呼吸作用,以使种苗保持较高的物质、能量代谢水平来抵御干旱。我们的试验结果还表明,在较充足供水条件下,Ca对萌发和种苗生长产生一定抑制,而GA则明显起促进作用<sup>[7]</sup>;在水分严重亏缺时,Ca增强了种苗的耐旱性,而GA则不利于耐旱,Ca和GA混合处理起到了两者在代谢和生长方面的互补和叠加效应,从对种子萌发、胚芽伸长、抗脱水能力、淀粉酶活力、脯氨酸含量,以及根系活力等测定结果看,Ca+GA处理均优于Ca或GA单独处理。据此推断,在水分条件较好时,Ca对生长所起抑制作用可因GA的效应而消除并且对于壮苗有利;在土壤干旱时,Ca对原生质的保护作用则有利于GA充分发挥其促进生长的效能。有报道表明,Ca具有增强GA促进 $\alpha$ -淀粉酶活力的功能<sup>[8]</sup>。我们的试验结果也证明了这一点,表现为Ca+GA处理的淀粉酶活力显著高于GA单独处理,这无疑对于加速逆境下的萌发和成苗是很有意义的。由此看来,Ca和GA混合处理使种子和种苗的生物活性和抗性在一定程度上得到结合,从而增强了对半干旱地区多变水环境的适应,有利于这一地区旱地作物的成苗、生长乃至产量形成。

Ca+GA混合处理种子用于旱农生产,过去尚未见到报道。据我们试验结果,这一方法用于旱地小麦生产每亩成本0.3元,平均以增产12%计,每亩能多收10~12kg小麦,因此,在进一步摸清应用条件的基础上,值得扩大示范和推广。在大面积旱地农业生产中应用化学控制方法提高产量的可能性和前景,一直是大家所关心、并有争议的问题。本试验所取得的结果,为化学制剂应用于半干旱地区农业生产实践的可行性,提供了新的资料与科学的参考依据。

### 参 考 文 献

- 1 刘晓冰等.植物生长调节物质对春小麦种子萌发的效应.东北农学院学报,1991,22(3):220-224
- 2 Jhorar B. S. et al. Effect of gibberellic acid on seedling emergence and early growth of cotton. Indian J. Plant Physiol. 1982;25:423-426
- 3 洪法水. CaCl<sub>2</sub>和NaCl浸种对水分胁迫下小麦幼苗抗旱性的影响.植物生理学通讯,1992,28(4):287
- 4 杨根平.钙在水分胁迫植株体内作用的初步研究.西北植物学报,1992,12(5):13-16
- 5 郭礼坤.逆境成苗生态生理研究(2)——干旱条件下药剂处理种子对提高糜子成苗的作用.中国科学

院西北水土保持研究所集刊,1988;8:26-31

6 Jones R. G. W. and O. R. Lunt. The function of calcium in plants. *Bot. Rev.*, 1967;33:407-426

7 徐萌、山仑. 赤霉素和钙处理春小麦种子效应的研究. *种子*, 1990;4:25-28

8 Jones R. L. and J. Carbonell. Regulation of the synthesis of barley aleurone—amylase by gibberellic acid and calcium ions. *Plant Physiol.*, 1984;76:213-218

## Effects of Seed Treatment with Calcium and Gibberellin Mixture on Physiological Activities and Yield Increase under Drought Conditions

Shan Lun Guo Likun Xu Meng Sun Jibin

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation,  
Academia Sinica and the Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** Germination and seedling growth were promoted with application of calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) and gibberellin (GA) mixture on seed under moderate drought condition, and then the yields and water use efficiency of wheat and other crops were increased by this method through the pot, plot and field tests. The preliminary research on physiological responses showed that the mixture application of Ca and GA played an intersupplementary role in both metabolism and growth of crops, which is favourable to the adaptation of changeable environment in the semiarid area.

**Key words** Gibberellin (GA); Calcium (Ca); drought; seed treatment; mutual benefits