

# 化学节水技术在农业上的 应用效果研究

黄凤球 杨光立 黄承武 沈华山

(湖南省土壤肥料研究所·长沙·410125)

黄敏珍

(湖南省作物研究所)

**摘 要** 对保水种衣剂、抗旱剂、保水剂在水稻、玉米、大豆等作物上的应用效果进行研究。结果表明,在干旱条件下,采用种衣剂拌种可提高种子出苗率5.0%~7.2%,拌种浓度以1:10最好。作物应用抗旱剂,可使叶片气孔开张度缩小11.1%~45.5%;降低蒸腾速率9.5%~38.3%;使叶片水势和土壤含水量分别增加14.3%~85.7%和4.5%~24.3%;提高叶绿素含量4.1%~44.8%;使光合作用增强36.6%~50.2%;叶片相对电导率下降14.0%~33.2%;增产4.0%~15.7%,以抗旱剂浸种和喷施效果最好。作物应用保水剂以施于土壤效果最好。种衣剂拌种与抗旱剂喷施配合施用亦能明显增强作物抗旱增产的能力。

**关键词** 保水种衣剂 抗旱剂 保水剂 干旱胁迫

## Effects of Application of Water Saving Chemical Techniques on Agricultural Production

Huang Fengqiu Yang Guangli Huang Chengwu Shen Huashan

(Hunan Institute of Soil and Fertilizer, Changsha, 410125)

Huang Minzhen

(Institute of Crop, Hunan Province)

**Abstract** Application effects of the moisture holding seed dressing, drought resistant agent and moisture holding agent on rice, corn and soybean were studied. With the application of moisture holding seed dressing, the emergence rate of seeding was increased by 5.0%~7.2% in dry season. The adequate proportion of the seed dressing to seed was 1:10. After the drought resistant agent was sprayed on crop leaves, opening degrees of leaf stomata were lessen by 11.1%~45.5%, leaf transpiration ratios were decreased by 9.5%~38.3%, leaf water potential and chlorophyll content were increased by 14.3%~85.7% and 4.1%~44.8%, respectively, leaf electrical conductivities were decreased by 14.0%~22.3%. Soil moisture contents were 4.5%~24.3% higher than that

of CK. The treatment of seed soaking and spraying with drought resistant agent obtained the best effect. The moisture holding agent applied in soil could greatly increased crop yields. The coordinate use of moisture holding seed dressing and drought resistant agent could obviously increase drought resistance and crop yields.

**Key words** moisture holding seed dressing drought resistant agent moisture holding agent dry stress.

化学节水技术是节水农业技术中的重要措施之一,它包括化学覆盖、保水剂、抗蒸腾剂等化学制剂的应用。早在30年代,原苏联就开始用石脑油皂抑制土壤水分蒸发,减少水分蒸发60%~70%,到60年代,化学节水技术在日本、法国、印度等国家引起了广泛重视,先后在农业上应用化学覆盖技术,增产效果很好。70年代中期由美国研制成了吸水性很强的保水剂,用于种子造林,种子涂层和树苗移栽等方面,取得了良好的效果。我国在60年代后期,在抑制蒸腾方面做了大量的研究工作,并研制出“土面增温剂”、“保墒增温剂”,其抑制和增温效果已达国际水平。70年代末,我国从风化煤中提取的黄腐酸(FA)是一种极好的调节植物生长的抗蒸腾剂,具有显著的抗旱节水功能。保水剂的研制始于80年代,到今全国已有10多个单位研制出了多种类型的保水剂,在60多种作物上试验示范,应用面积7万 $\text{hm}^2$ 。到90年代,化学节水技术的研究和应用已被列入“八五”国家科技攻关计划,并取得了重大进展,研制出了4种保水种衣剂、抑制蒸腾剂(抗旱剂,FA旱地龙等)和土壤保墒剂。我所在中国农科院农业气象所的具体指导下,从1992年开始对保水种衣剂(简称种衣剂),保水剂、抗旱剂(FA)在水稻、玉米、大豆等作物上的应用效果进行了系统的研究,现将试验研究结果综合报告如下。

## 1 研究内容和方法

### 1.1 保水种衣剂在玉米上的试验

本试验分盆栽试验和田间试验两种方式进行。试验设4个处理,(1)对照;(2)种衣剂:种子按1:8拌种;(3)种衣剂:种子按1:10拌种;(4)种衣剂:种子按1:12拌种。每处理重复3次,随机排列。供试土壤为红黄泥。盆栽试验在塑料棚内进行,只做苗期试验,试验期间人为控制水分,每隔10天浇水一次,生理指标在浇水后10天测定。田间试验在宁远县保和乡进行。以上两试验供试品种分别为甜玉米和掖单4号。处理间施肥水平、管理方法完全一致。

### 1.2 抗旱剂(FA)在水稻上的试验

本试验为盆栽试验,分早稻、晚稻两季进行。供试土壤为红黄泥。早稻供试品种为威优48,晚稻为汕优36。早稻试验设8个处理,(1)对照(常规水管);(2)孕穗期后雨养;(3)孕穗期喷200mg/kgFA后雨养;(4)灌浆初期后雨养;(5)灌浆初期喷200mg/kgFA后雨养;(6)FA拌种,灌浆初期喷200mg/kg后旱管。晚稻试验设3个处理,(1)对照(常规水管);(2)孕穗期落水至土壤含水量45%,然后自然失水干旱胁迫3、6、9、12、15天;(3)孕穗期喷200mg/kgFA,落水至土壤含水量45%,自然干旱胁迫3、6、9、12、15天。以上试验每处理重复6次,随机区组设计。

### 1.3 抗旱剂、保水剂在大豆上的试验

本试验为盆栽试验。供试土壤为紫色土。试验设8个处理,(1)对照;(2)抗旱剂拌种;(3)保水剂拌种;(4)保水剂+抗旱剂拌种;(5)抗旱剂喷施;(6)保水剂拌种+抗旱剂喷施;(7)抗旱剂喷施,土壤含水量35%以下持续干旱5天;(8)抗旱剂喷施,土壤含水量35%以下持续干旱10天。每处

理重复6次,随机区组设计。抗旱剂于大豆分枝期喷施。

#### 1.4 种衣剂、抗旱剂、保水剂(简称“三剂”)在玉米上的配合施用试验

本试验为微区模拟试验,模拟池规格1.1m×1.5m,小区面积1.65m<sup>2</sup>。供试土壤为红黄泥。试验设8个处理,(1)对照;(2)保水剂拌种;(3)FA 浸种;(4)种衣剂拌种;(5)保水剂施于土壤;(6)FA 喷施;(7)保水剂拌种+FA 喷施;(8)种衣剂拌种+喷施。每处理重复3次,随机排列。供试品种为中单2号,FA 喷施于玉米大喇叭口期进行,叶绿素含量和光合强度于玉米抽雄期测定。施肥水平与大田一致,田间管理方法处理间完全一致。

#### 1.5 “三剂”处理作物的方法及生理指标测试方法

拌种,水稻种子:FA:水=25kg:50g:3kg;大豆或玉米种:FA:水=10kg:40g:1kg;种衣剂:种子=1:10;保水剂:种子:水=100g:10kg:5kg。浸种,FA:种子:水=100g:50kg:50kg 浸4~6h。喷施,FA 1 500g/hm<sup>2</sup>兑水750kg。土施,保水剂150kg/hm<sup>2</sup>施于土壤。蒸腾速率用离子称量法;气孔开张度用丙三酮—乙二醇法;叶片水势用改进的小液流法;光合强度用改进半叶法;叶绿素含量按 Arnon 法;相对电导率采用 DDS—11A 型电导仪测定;土壤含水量用烘干称量法。

## 2 结果与分析

### 2.1 种衣剂对玉米苗期生长和产量影响

从表1可以看出,三个拌种浓度中,以种衣剂:种子按1:10效果最好,与对照相比,出苗率高7.2%,株高增加1.2cm,鲜重增加1.41g/盆,根数增加1.4条/株;根长增加4.06cm;相对电导率下降8.93%,测定结果还表明,种衣剂对根系活力影响不大。

表1 种衣剂对玉米苗期生长和生理指标的影响

试验处理	出苗率(%)	株高(cm)	单株鲜重(g)	根数(条/株)	根长(cm)	相对电导率(%)	根系活动(wg/g·hr)
对照	47.6	13.31	8.80	9.2	25.54	86.49	1.12
1:8	47.6	14.66	9.13	9.4	26.98	77.78	1.12
1:10	54.8	15.51	10.21	10.6	29.60	77.57	1.12
1:12	50.0	14.30	9.47	10.4	27.48	78.38	1.12

田间试验结果表明,种衣剂对改善玉米的农艺性状和经济性状,提高产量均有一定的效果(表2)。采用种衣剂拌种的玉米,出苗率提高3%~4%;株高增加2.3~4.7cm;茎围粗0.1~0.2cm;穗长增加0.3~0.4cm,穗粗增加0.1~0.2cm;每穗粒数多9~13.2粒,千粒重稍有增加;产量增加15.9~25.4kg,增产3.9%~6.2%。三种浓度比较以种衣剂:种子=1:8拌种效果较好,其次是1:10。

表2 种衣剂对玉米农艺性状、经济性状和产量的影响

处理	玉苗率(%)	株高(cm)	茎围(cm)	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	单产(kg/hm <sup>2</sup> )	增产(kg/hm <sup>2</sup> )	增产(%)
对照	94.7	164.5	5.4	15.4	4.7	283.5	242.2	6076.5		
1:8	98.2	169.2	5.6	15.8	4.9	296.7	242.7	6457.5	381.0	6.2
1:10	98.7	168.0	5.5	15.7	4.8	294.0	242.5	6391.5	315.0	5.2
1:12	97.3	166.8	5.5	15.7	4.8	292.5	242.5	6315.0	238.5	3.9

## 2.2 抗旱剂(FA)对水稻抗旱性能及产量的影响

2.2.1 抗旱剂在水稻上的抗旱节水效果 在干旱条件下,水稻采用FA喷施后,各生育期均表现出叶片气孔开张度缩小,叶绿素含量和光合强度明显增加,叶片细胞膜相对电导率明显下降(表3)。特别是在干旱胁迫处理后9天和12天,喷FA的水稻叶片相对电导率下降14.4%和18.6%,分别达到显著极显著水平。

表3 抗旱剂对水稻植株各项生理指标的影响

测定项目	气孔开张度			叶绿素含量 (mg/gow)	光合强度 (mg·干重/dm <sup>2</sup> ·h)	相对电导率(%)		
	孕穗期	抽穗期	灌浆期			6d	9d	12d
对照	5.5	5.0	4.5	2.12	11.4	6.14	7.42	8.78
喷200mg/kgFA	4.0	3.5	4.0	2.34	14.5	5.82	6.35 *	7.15 **

\*\* 检显著水平, \*\*\* 检极显著水平。

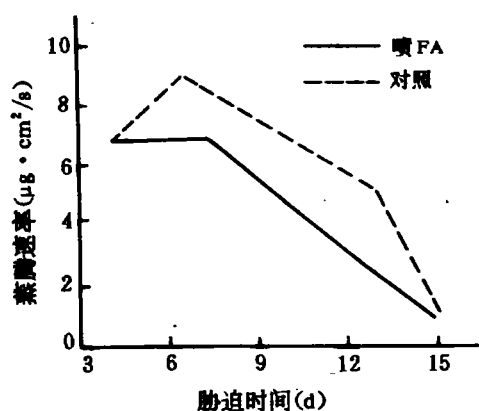


图1 FA对水稻叶片蒸腾速率的影响

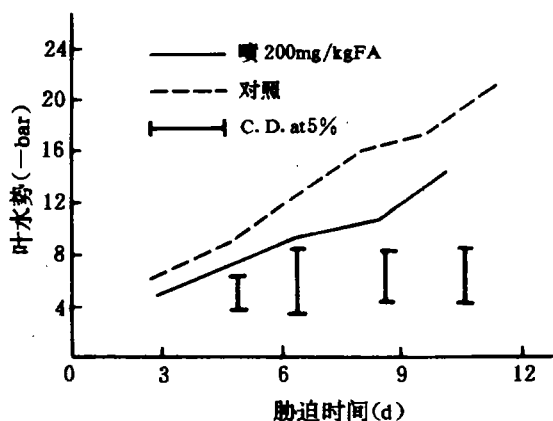


图2 FA对干旱条件下水稻叶片水势的影响

表4 干旱条件下FA对水稻产量和经济性状的影响

处理	穗数 (个/盆)	每穗		结实粒 (%)	千粒重 (g)	产量 (g/盆)
		总粒数	实粒数			
对照	39.3	98.3	57.7	58.7	27.6	62.2
FA拌种,灌浆期后雨养	39.0	101.3	53.2	52.5	27.4	56.3
灌浆期后雨养	39.7	96.5	49.7	51.5	27.0	53.7
灌浆期喷FA,后雨养	38.9	97.0	53.5	55.2	27.4	55.8
孕穗期后雨养	39.5	98.6	51.7	52.4	26.2	52.5
孕穗期喷FA,后雨养	39.3	99.4	53.0	53.3	26.7	55.4
灌浆期喷FA,后旱管	39.3	98.1	48.0	48.9	25.8	48.1
灌浆期后旱管	39.1	97.4	44.7	45.9	25.5	45.6
5%L.S.D	2.3	4.8	2.7		0.3	1.9
1%L.S.D	1.4	7.7	3.6		0.5	2.4

在持续干旱条件下,经FA处理的水稻,叶片蒸腾速率明显降低(图1),水势明显增加(图2)。特别是干旱胁迫处理后9~12天,叶片蒸腾速率和水势与对照相差达到最大值,说明这段时间

FA 效果最明显。由于 FA 能缩小叶片气孔开张度,降低蒸腾速率,增加叶片水势,从而导致土壤含水量相应提高。水稻喷施 FA 后,土壤含水量明显增加,经干旱胁迫处理 3,6,9 天后,土壤含水量分别比对照高 29.0%,68.4%和 28.6%,而干旱处理后 12 天,15 天,土壤含水量变化不大(图 3)。从以上三个图例可以看出,随着干旱胁迫时间的增加(如处理后 12 天,15 天),FA 的效果逐渐减弱。因此,FA 能在一定程度上减轻干旱对水稻的危害,但 FA 的作用受干旱胁迫时间的限制。

**2.2.2 抗旱剂对水稻经济性状和产量的影响** 从表 4 可以看出,无论是旱管还是雨养,水稻产量均比常规水管低,但经 FA 处理后,水稻各经济性状均有所改善,水稻产量均不同程度的增加。其中灌浆初期后雨养处理,采用 FA 拌种和喷施,水稻产量比对照高 4.8%和 4.0%,分别达显著和极显著增产水平,孕穗期后雨养处理,喷 FA 的产量高 5.5%,达显著增产水平;灌浆期后干旱处理,喷 FA 的产量高 5.5%,达极显著增产水平。

水稻经干旱胁迫处理 6,9,12,15 天后,喷 FA 的产量分别比对照高 3.4%,8.1%,15.7%和 7.0%,均达到显著和极显著水平(图 4)。

以上试验结果表明,水稻在干旱条件下,采用 FA 喷施,可减轻干旱对产量的影响,达到抗旱节水增产的效果。

### 2.3 抗旱剂和保水剂对大豆各生理指标和产量的影响

大豆采用抗旱剂拌种或喷施,均能明显降低叶片气孔开张度;与对照比较,叶片水势和叶片叶绿素含量分别增加 21.0%~51.8%和 32.3%~44.8%;光合强度增强 13.4%~36.6%,喷施效果优于拌种。保水剂拌种,对大豆叶片气孔开张度影响不明显,对水势有一定影响,与对照相比,水势增加 9.6%~20.2%,对叶绿素含量影响不大,对光合强度稍有影响(表 5)。抗旱剂和保水剂在大豆上配合施用,可使叶片气孔开张度明显缩小,叶片水势和叶绿素含量与对照相比,分别增加 21.0%~57.5%和 34.9%~42.2%,光合强度亦明显增加,增量为 31.25%~44.6%,其中效果最好的是保水剂拌种+抗旱剂喷施。

大豆应用抗旱剂和保水剂,对产量有一定作用。与对照相比,抗旱剂拌种增产 5.2%,抗旱剂

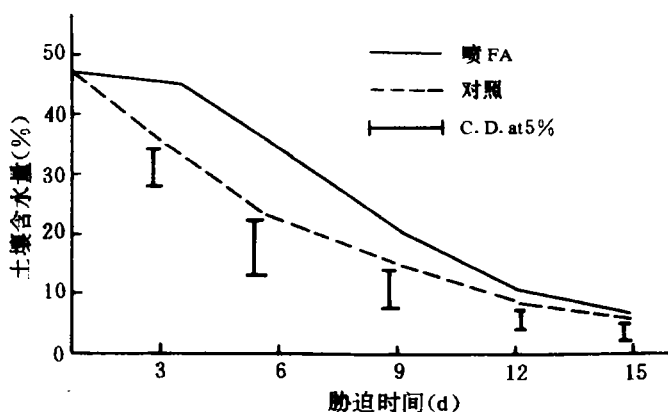


图3 FA处理水稻后土壤含水量的变化

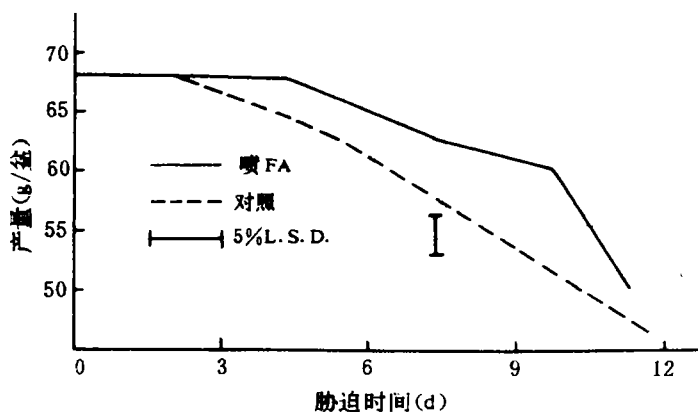


图4 干旱胁迫条件下FA对水稻产量的影响

大豆应用抗旱剂和保水剂,对产量有一定作用。与对照相比,抗旱剂拌种增产 5.2%,抗旱剂

喷施增产4.0%,保水剂拌种+抗旱剂喷施增产6.5%,均达显著或极显著增产水平。喷施抗旱剂后,在土壤含水量35%以下持续干旱5天和10天,大豆产量明显减少,这说明抗旱剂对缓解中度和重度干旱危害作用有限。

## 2.4 “三剂”配合施用对玉米各生育期生理指标和产量的影响

种衣剂、抗旱剂、保水剂在玉米上单独施用或“三剂”配合施用,对玉米植株各项生理指标和产量均有一定的影响。其作用大小随处理的不同各异(表6)。

表5 抗旱剂和保水剂对大豆各生理指标和产量的影响

处理	叶片气孔开张度		叶片水势(-ba)			叶绿素	光合强度 (mg·干重/dm <sup>2</sup> ·h)	产量 (g/盆)
	喷FA后 5d	喷FA后 10d	喷FA后 5d	喷FA后 10d	喷FA后 15d	含量 (mg/gow)		
对照	5.5	6.0	11.4	19.3	21.4	2.32	11.2	24.8
抗旱剂拌种	4.0	5.0	9.0	9.3	11.6	3.07	12.7	26.1
保水剂拌种	5.5	5.5	10.3	15.4	18.3	2.26	12.8	24.4
抗旱剂+保水剂拌种	4.0	5.0	9.0	8.2	10.5	3.13	14.7	24.6
抗旱剂喷施	3.0	3.5	7.4	9.3	11.6	3.36	15.3	25.8
保水剂拌种+抗旱剂喷施	3.0	4.0	7.4	12.3	12.3	3.30	16.2	26.4
喷FA后,35%土壤含水量干旱5天								21.7
喷FA后,35%土壤含水量干旱10天								19.9

表6 “三剂”配合施用对玉米各项生理指标和产量的影响

测定项目	蒸腾速率 (wg/cm <sup>2</sup> ·h)	水势 (-ba)	土壤含水量(%)	叶绿素含量 (mg/gow)	光合强度 (mg/dm <sup>2</sup> ·h)	相对电导率(%)	产量 (g/区)	增产 (%)
对照	105.23	17.60	15.58	2.43	9.52	52.38	566.2	
保水剂拌种	103.12	7.54	16.28	3.41	7.62	47.62	548.9	-3.1
FA浸种	58.63	10.06	16.99	2.76	6.35	42.86	569.0	0.5
种衣剂拌种	103.79	15.09	18.76	2.68	10.80	50.00	597.5	5.0
保水剂土施	80.81	2.51	17.79	2.53	14.30	35.00	587.4	3.7
保水剂拌种+FA喷施	74.91	7.54	18.38	2.83	12.1	46.84	603.0	6.5
种衣剂拌种+FA喷施	90.35	5.03	17.82	2.47	9.21	45.45	610.4	7.8
FA喷施	92.53	5.03	19.36	2.68	9.21	43.18	619.0	9.3

蒸腾速率明显降低。与对照相比,FA浸种下降了44.3%;保水剂拌种+FA喷施下降了28.8%;保水剂土施下降23.2%;保水剂拌种和种衣剂拌种两处理效果不明显。

叶片水势和土壤含水量明显增加。叶片水势比对照增加14.3%~85.74%,其中保水剂土施增量最大,达85.74%,其次是FA喷施,增加71.4%,再次是保水剂拌种和保水剂拌种+FA喷施两处理,增加57.2%,增量最少的是种衣剂拌种,仅14.3%。土壤含水量与对照比较,提高4.5%

~24.3%,以FA喷施增量最大,达24.3%,其次是种衣剂拌种,增加20.4%,再次是保水剂拌种+FA喷施,提高18%。

叶绿素的形成对干旱胁迫非常敏感,作物缺水,不仅影响叶绿素的生物合成,而且促进已经合成的叶绿素分解,导致叶片变黄,从而影响作物光合作用。从表6可以看出,经“三剂”处理的玉米植株叶绿素含量有不同程度的增加,与对照相比,保水剂拌种增加最多,达40.3%,保水剂土施增加最少,仅4.1%,其它处理介于二者之间。从光合强度的结果看,“三剂”的影响不一致,与对照相比,保水剂土施,保水剂拌种+FA喷施,种衣剂拌种三处理增加13.4%~50.2%,其它处理后呈下降趋势,这可能与测定时的气候条件有关,这一问题有待继续研究。

在干旱条件下,植株细胞容易伤害,造成叶片组织电解质外渗,导致相对电导率升高,玉米采用“三剂”处理后,相对电导率均有所降低。与对照比较,保水剂土施下降最多,达33.2%,其次是FA浸种,下降18.2%,其它各处理下降4.5%~17.6%。

因“三剂”处理的玉米植株维持了正常的生理代谢,从而减轻了干旱对作物的影响。与对照比较,FA喷施增产9.3%,其次是种衣剂拌种+FA喷施,增产7.8%,再次是保水剂拌种+FA喷施,增产6.5%,种衣剂拌种和保水剂土施分别增产5.5%和3.7%,其它处理效果不显著,分析其原因,可能与当年秋季试验地区雨水偏多有关。

### 3 结 论

(1)玉米采用保水种衣剂拌种,可提高出苗率5.0%~7.2%,增加植株生物量3.8%~16.0%,并促进根系生长,使单株根数和根长增加,能降低叶片相对电导率,增强植株抗旱能力。

(2)水稻上喷施抗旱剂,能明显改善植株的各项生理指标和经济性状,增加产量3.4%~15.7%。

(3)大豆上应用抗旱剂和保水剂,以保水剂拌种+抗旱剂喷施效果最好,与对照比较,叶片水势增加57.5%,叶绿素含量和光合强度增加42.2%和44.6%,产量增加6.5%。

(4)“三剂”在玉米上配合施用可明显增强植株抗旱增产的能力。以种衣剂拌种+FA喷施效果最好,可增产玉米7.8%。保水剂土施效果也很好,可使玉米增产9.3%。保水剂拌种+FA喷施可使玉米增产6.5%。针对湖南省严重的夏、秋季节性干旱,种衣剂、保水剂、抗旱剂在夏、秋作物上施用效果最明显,增产效果最好。

#### 参考文献

- 1 吴景社. 国外节水农业技术现状与发展趋势. 世界农业, 1994(1): 36~38
- 2 郑平, 王兴滨, 王天立, 王栓柱. 黄腐酸类物质在农业与医药的应用. 化学工业出版社, 1993年6月
- 3 “农用黄腐酸抗旱剂及其可行的生产工艺”技术鉴定委员会. 多功能植物抗旱生长营养剂(FA旱地龙)下册. 农业试验总结报告, 1992年12月