

# 几种抗蒸腾剂的作用特点及其对冬小麦抗旱能力影响的研究<sup>1)</sup>

王永吉<sup>2)</sup> 丁钟荣<sup>1)</sup> 王韶唐

(西北农业大学基础课部, 陕西杨陵 · 712100)

5512.101

**摘要** 在大田和盆栽条件下,研究了 NaHSO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, 三唑酮 (Tria) 和黄腐酸钠 (FA) 4 种抗蒸腾剂对冬小麦抗旱能力的影响。结果表明,4 种药剂都有抑制蒸腾、增加气孔阻力、提高叶水势的作用。Tria 有明显促进植株根/苗比的效应。药剂处理还提高了水分胁迫下植株的净光合速率、干物质积累及籽实产量,在生产上有一定应用价值。试验确定,各种药剂的适宜施用浓度,NaHSO<sub>3</sub> 和 CaCl<sub>2</sub> 为  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L, Tria 和 FA 为 300  $\mu$ g/g,有效期 NaHSO<sub>3</sub> 和 CaCl<sub>2</sub> 在 8 d 左右, Tria 和 FA 在 9 d 以上。

**关键词** 水分状况, 净光合速率, 抗蒸腾剂, 冬小麦, 抗旱性

**中图分类号** Q493.7, Q945.172, S311

水分是限制植物分布和作物产量的主要因素之一<sup>[1]</sup>。维持植物体内正常的水分平衡是保证植株健壮生长和较高产量的重要条件之一<sup>[2~4]</sup>。多年来,应用化学药剂控制植株水分消耗,以维持植株体内正常的水分平衡的工作已被人们广泛关注,众多的研究积累了不少的资料<sup>[5~9]</sup>。但由于抗蒸腾剂作用存在着药剂、供试植物材料及环境条件等的差异<sup>[6,10]</sup>,因而,关于抗蒸腾剂对植株水分状况及抗旱能力影响的研究,仍未取得一致的结果,需作进一步的工作。

## 1 材料和方法

**试验设计** 以冬小麦小偃 6 号为材料。1988 年 10 月 10 日播种于西北农业大学试验田,翌年 5 月 2 日、5 月 17 日和 5 月 25 日 3 次进行喷药处理。盆栽试验每盆 (18 cm × 25 cm) 装土 5.0 kg (田间持水量 29%, 土壤萎蔫点为 8.13%), 插种 13 粒,待幼苗生长到 5 叶期后进行处理。

**试验药剂** 有亚硫酸氢钠 (NaHSO<sub>3</sub>)、氯化钙 (CaCl<sub>2</sub>)、三唑酮 (Tria) 和黄腐酸钠 (FA), 浓度分别为: NaHSO<sub>3</sub> 和 CaCl<sub>2</sub> 为  $0.5 \times 10^{-2}$  mol/L,  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L,  $1.5 \times 10^{-2}$  mol/L; Tria 和 FA 为 100, 300, 400  $\mu$ g/g。药剂处理在下午 5~7 时采用叶面喷施。盆栽的水分处理在土壤饱和和含水量下降至 50% 时,开始自然断水干旱。

**测定项目及方法** 蒸腾速率及气孔阻力用 Licor-1600 型稳态气孔计测定;叶水势用压力室法测定;净光合速率用佛山 FQW 型红外线 CO<sub>2</sub> 分析仪测定;盆栽生物学产量分析用称重法;灌浆速率采用 100 粒子粒在 24 h 内干重的增加量表示;大田试验以 4 × 4 m<sup>2</sup> 的小区计产,重复 4 次。

修改稿收到日期: 1992-05-30。

1) 国家自然科学基金资助项目; 2) 现在山西大学生物系工作。

## 2 结果及分析

### 2.1 正常灌水条件下4种药剂对盆栽小麦苗期蒸腾及气孔阻力的影响

2.1.1 不同浓度药剂作用效果的比较 用正常灌水处理的小麦幼苗进行喷药处理(对照喷水)后测定蒸腾速率及气孔阻力的变化(表1)。结果表明:药剂处理均有增加气孔阻力、降低蒸腾速率的作用。其中 $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L的 $\text{NaHSO}_3$ , 300  $\mu\text{g/g}$ 的Tria和FA的作用效果较好,而 $\text{CaCl}_2$ 作用效果随浓度的增大而增强。

表1 不同浓度药剂对冬小麦蒸腾速率和气孔阻力的影响

处 理	浓 度 (mol/L 或 $\mu\text{g/g}$ )	气孔阻力 ( $\text{Scm}^{-1}$ )	蒸腾强度 ( $\mu\text{gcm}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ )
CK	$\text{H}_2\text{O}$	$1.400 \pm 0.102(-)$	$9.630 \pm 0.518(-)$
$\text{NaHSO}_3$	$0.5 \times 10^{-2}$	$1.757 \pm 0.191(+25.5)$	$7.413 \pm 0.672(-23.0)$
	$1.0 \times 10^{-2}$	$2.213 \pm 0.377(+58.1)$	$6.375 \pm 0.965(-33.8)$
	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.203 \pm 0.344(+57.4)$	$6.619 \pm 0.434(-31.3)$
$\text{CaCl}_2$	$0.5 \times 10^{-2}$	$1.653 \pm 0.214(+14.3)$	$8.550 \pm 0.999(-11.2)$
	$1.0 \times 10^{-2}$	$2.240 \pm 0.691(+60.0)$	$6.965 \pm 1.537(-27.7)$
	$1.5 \times 10^{-2}$	$3.530 \pm 0.868(+152.1)$	$4.590 \pm 0.869(-52.3)$
Tria	100	$1.753 \pm 0.83(+25.2)$	$7.982 \pm 0.399(-17.1)$
	300	$2.797 \pm 0.178(+99.8)$	$5.342 \pm 0.336(-44.5)$
	400	$2.597 \pm 0.561(+85.5)$	$5.865 \pm 1.360(-39.1)$
FA	100	$2.023 \pm 0.355(+44.5)$	$7.313 \pm 1.192(-24.1)$
	300	$2.815 \pm 1.232(+101.1)$	$6.016 \pm 1.733(-37.5)$
	400	$2.723 \pm 0.403(94.5)$	$5.930 \pm 0.723(-38.4)$

注:括号内数据为相对变化率(%), $\text{NaHSO}_3$ 和 $\text{CaCl}_2$ 浓度单位为mol/L,Tria和FA为 $\mu\text{g/g}$ 。

2.1.2 药剂处理对蒸腾速率、气孔阻力日进程的影响 由图1看出,从早8.00时起,随着光强增加,蒸腾随之增加,12.00时达到高峰,以后逐渐下降;药剂处理组的蒸腾速率明显低于对照。一天内11.00~16.00时蒸腾最旺盛,在这一时期喷药处理的效果也最明显,其抑制蒸腾幅度较大。一天内气孔阻力的变化则在8.00~10.00时稍有降低,而以后却逐渐上升,直至20.00时仍无回落趋势,药剂处理组始终高于对照组,表明了药剂对气孔开张的抑制效应。

2.1.3 药剂有效期的测定 药剂对蒸腾速率的抑制效果及抑制时间的长短,是评价抗蒸腾剂节水效能的重要指标。由图2可见,4种药剂抑制蒸腾率可达25%~40%,抑制效果随时间的变化而有所减弱,第8d $\text{NaHSO}_3$ 处理的蒸腾已略高于对照, $\text{CaCl}_2$ 还略低于对照;而Tria和FA一直维持较强的抑制效果,第9d仍能维持40%和20%的抑制率。可以认为, $\text{NaHSO}_3$ 和 $\text{CaCl}_2$ 的有效期在8d左右,Tria和FA在9d以上。

## 2.2 干旱条件下抗蒸腾剂对小麦苗期水分状况的影响

2.2.1 水分胁迫下药剂对小麦幼苗蒸腾及气孔阻力的影响 从图3看到,干旱引起植株蒸腾下降(干旱对照与正常灌水对照相比),且随着胁迫时间的延长,蒸腾下降的幅度增大,至第9d 植株发生萎蔫,蒸腾速率极度降低。喷药处理在前5d 蒸腾明显低于干旱对照,表现出较强的节水效能;而在后期则维持一定的蒸腾速率,表现为蒸腾速率高于干旱对照,而低于灌水对照。4种药剂中以 Tria 的节水效能最好。气孔阻力的变化规律与蒸腾速率基本一致。

2.2.2 药剂处理对植株叶水势的影响 叶水势的测定结果表明(图4),胁迫对照与正常灌水对照相比,叶水势随胁迫时间的延长而急剧下降,从第1d 的-1.4MPa 降至第9d(植株发生萎蔫)的-3.8MPa。叶水势的降低反映了植株水分状况的恶化。喷药处理的叶水势均比干旱对照有所提高,处理后1~3d,叶水势甚至高于灌水对照,之后虽随胁迫的加剧而有所下降,但始终维持在灌水对照之下,干旱对照之上。说明喷药处理有效地改善了植株的水分状况。

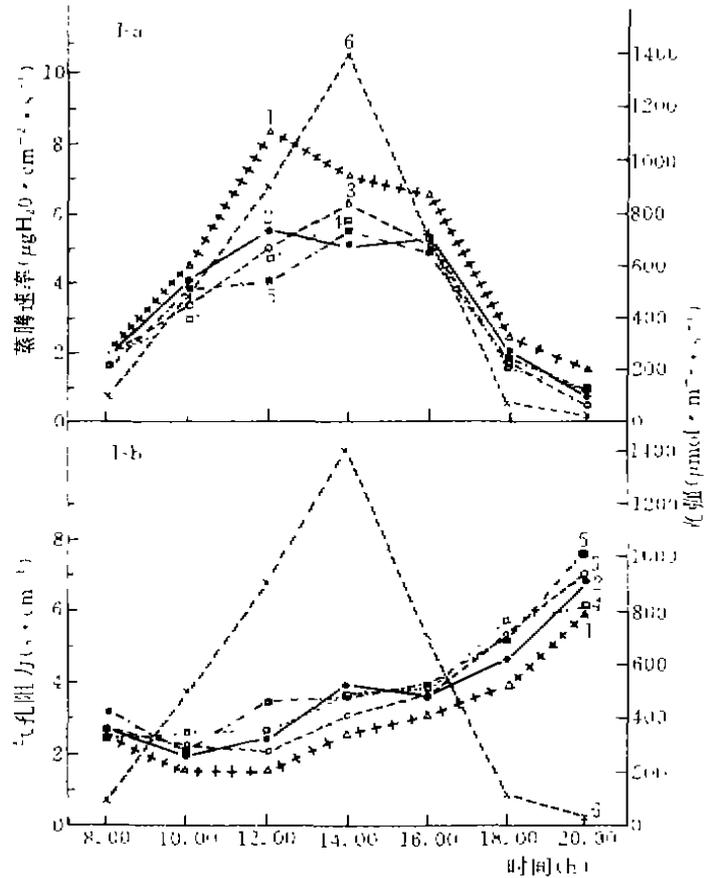


图1 正常灌水条件下不同抗蒸腾剂对小麦叶片蒸腾速率(1-a)和气孔阻力(1-b)变化的影响

1. 正常灌水对照;2. NaHSO<sub>3</sub>;3. CaCl<sub>2</sub>;4. Tria;5. FA;6. 光照(下同)

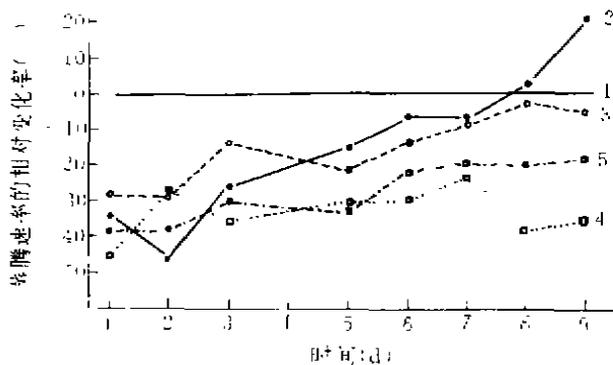


图2 正常灌水条件下不同抗蒸腾剂对小麦叶片蒸腾速率的影响

## 2.3 干旱条件下抗蒸腾剂对生物学产量及籽粒产量的影响

2.3.1 药剂处理对净光合速率的影响 图5结果显示,药剂处理能显著提高干旱条件下小麦净光合速率。尽管处理后第1d Tria 和 FA 的净光合速率比对照低,但第3d 以后比对照增高。到第9d,药剂处理组较对照高出100%~135%。说明抗蒸腾剂能明显减缓受旱植株光合作用的下降。

2.3.2 药剂处理对小麦苗期干物质积累的影响 盆栽生物学产量(表2)表明,喷药处理均增加了小麦苗期(干旱条件下)的总干重,其中以 Tria 和 FA 增加的幅度最大,分别为 46.3%和17.2%。这与以上水分状况及光合速率等指标的变化有一定联系。

2.3.3 喷药对小麦大田籽粒产量的影响 表3可见,大田喷药后均有一定的增产效果,其中 Tria 和 FA 增产10%以上,NaHSO<sub>3</sub>增产4%左右。分析发现,喷药处理均显著增加了干粒重,影响到同化产物向籽粒内的运输,其中 CaCl<sub>2</sub>和 Tria 的灌浆速率比对照高,而 NaHSO<sub>3</sub>则低于对照。

### 3 讨论

干旱条件下植株水分状况恶化,因过度失水而使植物体受到伤害<sup>[3,11]</sup>。因此,如何改善干旱条件下植物体内水分关系是急待解决的课题之一。抗蒸腾剂使用后对植物体内水分状况的影响,过去的结果并不一致<sup>[2,5,12,13]</sup>,而且还存在着药剂、供试植物及环境条件等的差异<sup>[14]</sup>。本试验用4种药剂处理

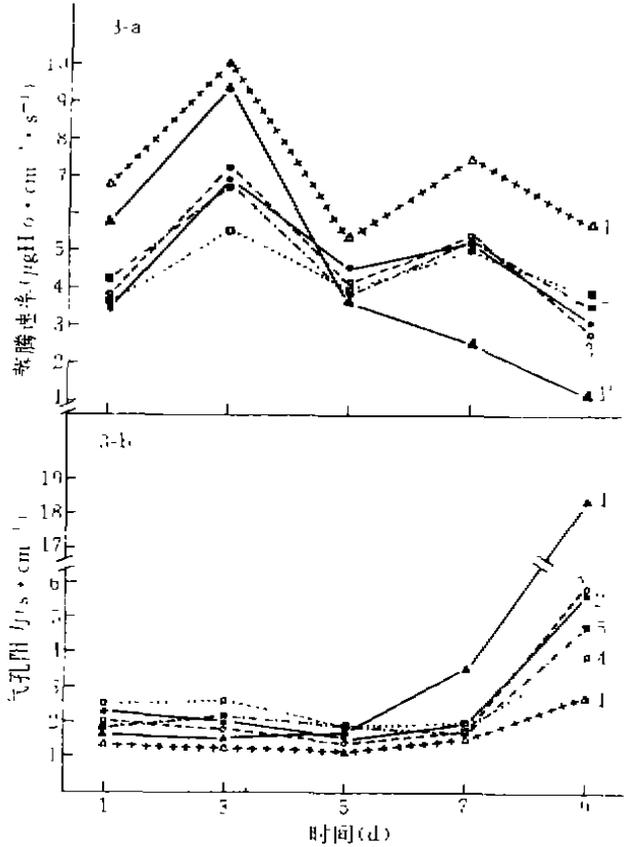


图3 不同抗蒸腾剂对小麦叶片蒸腾速率和气孔阻力的影响  
1. 正常灌水对照; 1'. 干旱对照; 2. NaHSO<sub>3</sub>;  
3. CaCl<sub>2</sub>; 4. Tria; 5. FA(下图同)

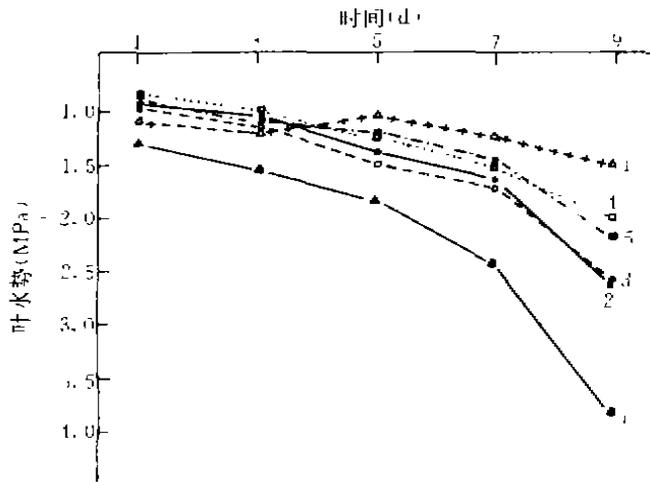


图4 干旱条件下不同抗蒸腾剂对小麦叶水势的影响

干旱下小麦植株,提高了叶片水势(图4),有较强的节水抗旱效能。分析发现,药剂处理后增加了气孔阻力、抑制了蒸腾作用(图3);Tria 还促进了根系生长,增加了植株的根/苗比(表2)。从而有利于扩大根系吸收面积,有“开源”和“节流”的作用。

水分胁迫下作物产量降低的主要原因之一是同化产物量的减少<sup>[10]</sup>。但药剂处理却能使植株维持较高的光合速率,使生物学产量都较干旱对照有所提高(表2),其中 Tria 增加46%。

FA 增加了 17%。大田喷施也获得了一定的增产效果, Tria 和 FA 增产 10% 以上。这无疑与水分状况的改善有关。

抗蒸腾剂种类繁多, 作用特点各异, 而且还受多种因素的影响<sup>[4,9]</sup>。因此, 研究药剂的作用特点可供筛选和大田应用参考。本试验结果表明, 4 种药剂的适宜浓度  $\text{NaHSO}_3/\text{CaCl}_2$  为  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ , Tria 和 FA 为  $300 \mu\text{g/g}$ 。在此条件下可抑制蒸腾 25%~40%, 有效期在 7~9 d。Tria 是近年来出现的一种杀菌剂, 作为抗蒸腾剂目前在双子叶植物上研究较多, 在单子叶植物上还缺乏较细致的试验。有人认为 Tria 是一种生长延缓剂, 能诱导 ABA 的合成, 抑制 GA 的合成, 有较强的抗旱增产效应<sup>[15,16]</sup>。我们的结果认为, Tria 不仅抑制蒸腾, 而且促进根系生长, 具有一定的增产效应。Tria 是一个较有前途的药剂。

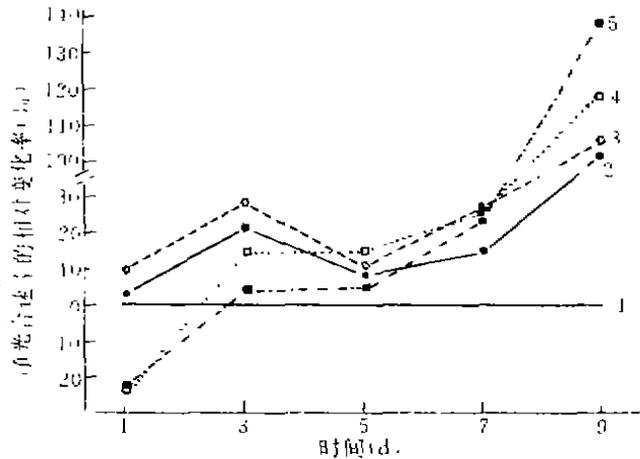


图 5 干旱条件下不同抗蒸腾剂对小麦净光合速率的影响  
1. 干旱对照; 2.  $\text{NaHSO}_3$ ; 3.  $\text{CaCl}_2$ ; 4. Tria; 5. FA

表 2 小麦苗期喷药对其生物学产量的影响

项目	CK	$\text{NaHSO}_3$	$\text{CaCl}_2$	Tria	FA
苗部干重(g)	2.216 ± 0.165	2.208 ± 0.616	2.567* ± 0.246	3.101** ± 0.680	3.309** ± 0.060
根部干重(g)	2.679 ± 0.371	2.700 ± 0.496	2.593 ± 0.449	4.162** ± 0.597	2.430 ± 0.233
总干重(g)	4.895 ± 0.206	4.909 ± 1.006	5.081 ± 0.557	7.163** ± 1.047	5.738** ± 0.193
总干重增加率(%)	—	0.3	3.8	46.3	17.2
根/苗干物质比	1.21	1.22	1.01	1.34	0.74

表 3 大田叶面喷施抗蒸腾剂对小麦产量的影响

项目	CK	$\text{NaHSO}_3$	$\text{CaCl}_2$	Tria	FA
亩产(kg)	356.0 ± 18.2	372.8 ± 33.6	371.8 ± 19.8	406.3** ± 10.4	400.0* ± 42.0
增产率(%)	—	4.7	4.4	14.1	12.4
千粒重(g)	42.40 ± 0.36	43.33* ± 0.21	43.16* ± 0.15	44.60** ± 0.26	43.63* ± 0.29
灌浆速率(g/100粒天)	1.908	1.411	3.152	3.326	1.918

参 考 文 献

- 1 王丽唐. 植物抗旱的生理机理. 植物生理生化进展, 1983, (2): 120~133
- 2 丁钟荣, 贺东祥. 三种抗蒸腾剂对蚕豆生理效应的研究. 西北农业大学学报, 1989, (4): 69~74
- 3 丁钟荣. 几种抗蒸腾剂对植物气孔开度和蒸腾失水的影响. 西北农学院学报, 1985, (2): 76~83
- 4 Fletcher R A. Triadimefon a plant Multi-protectant. *Plant Cell Physiol*, 1985, 26: 7~75
- 5 许旭旦. 水分消耗的的化学控制. 植物生理学通讯, 1983, (6): 13~19
- 6 Gale J, Hangan W. Plant antitranspirants. *Ann Rev Plant Physiol*, 1966; 17: 269~282

- 7 Green C F. Modifications to the growth and development of cereals using chlorocholine chloride in the absence of lodging, a synopsis. *Field Crop res.*, 1986, 14:117~133
- 8 Zeiger E. The biology of stomatal cessa. *Ann Rev Plant physiol.*, 1983, 34:441~475
- 9 Zelitch I. stomatal control. *Ann Rev Plant Physiol.*, 1969, 20:329~350
- 10 Cole D F, Dobrenz A, K Massengale M A Effect of growth regulator and antitranspirant chemicals on water requirement and growth components of Alfalfa (*Medicago sativa L.*). *Crop sci.*, 1971, 11:582~584
- 11 Hsiao T C. Plant response to water stress. *Ann Rev Plant Physiol.*, 1973, 24:519~570
- 12 许旭旦, 诸函素, 杨德兴等. 叶面喷施腐植酸对小麦临界期干旱的生理调节作用. *植物生理学报*, 1983, 9:374~378
- 13 Amhed S, Fletcher R A. Reduced transpiration and increased water efficiency by diuron. *Weed Sci.*, 1980, 28:181~185
- 14 Dunstone R L, Richards R A, Rawson H M. Variable responses of stomatal conductance, growth, and yield to fulvic acid application to wheat. *Aust J Agr res.*, 1988, 1939:273~77
- 15 Asare-Boamach N K, Fletcher R A. Protection of bean seedlings against heat and chilling injury by triadimefon. *Physiol Plant.*, 1986, 67:353~358
- 16 Fletcher R A, Nath V. Triadimefon reduces transpiration and increases yield in water stressed plant. *Physiol plant.*, 1984, 62:422~426
- 17 陈国平. 植物生长延缓剂对蕃茄抗逆性的影响. *华中农业大学学报*, 1988, 7:149~154
- 18 梅慧生, 杨玉明, 张淑远等. 腐植酸钠对植物生长的刺激作用. *植物生理学报*, 1980, 6:133~141
- 19 Zelitch I. stomatal control. *Ann Rev Plant Physiol.*, 1983, 34:441~475

## Action Characteristics of Several Anti-transpirants and Their Effect on Drought Resistance to Winter Wheat

Wang Yongji Ding Zhongrong Wang Shaotang

(Department of Basic course Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** The effects of several anti-transpirants ( $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ , triadimenfon and fulvic sodium) were studied in the case of field and pot cultivation on drought resistance to winter wheat. The findings indicate that all treatments of four chemicals have the effects upon inhibiting transpiration and increasing stomatal resistance and raising leaf water potential of plants. Triadimenfon treatment can increase the ratio of roots to seedlings. The chemical treatments enhance the net photosynthesis of plants in water stress, the accumulation of dry matter and improvement of grain yields, which is of great importance in practical production. The pot tests also determined the optimum concentration of the four chemicals.  $\text{NaHSO}_3$  and  $\text{CaCl}_2$  are  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L and triadimenfon and fulvic acid sodium are 300  $\mu\text{g/g}$ . The valid duration for  $\text{NaHSO}_3$  and  $\text{CaCl}_2$  is about 8 days; and that for triadimenfon and fulvic acid sodium is over 9 days.

**Key words** water status, net photosynthesis, antitranspirants, winter wheat