

叶面喷施 FA 旱地龙 对冬小麦产量和发育期的影响

王志伟^{1,2,3}, 梁亚春⁴, 刘文平³, 裴秀苗⁴, 贾朝阳⁴, 贾志宽¹

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020;

3. 山西省气候中心, 山西 太原 030006; 4. 山西省运城市气象局, 山西 运城 044000)

摘要: 利用 3 种不同浓度的抗旱剂(FA 旱地龙), 在山西省万荣县冬小麦生育的关键期分 3 次和 2 次, 进行了叶面喷施抗旱试验研究。结果表明: 在冬小麦拔节期、孕穗期和灌浆期对叶面喷施一定浓度的抗旱剂, 都有明显的抗旱增产效果; 在干旱年份, 喷施高浓度的抗旱剂比喷施低浓度的抗旱剂增产效果要好, 喷施 3 次比喷施 2 次的抗旱增产效果好, 6 种处理的理论产量增产百分率在 8.2%~38% 之间。喷施抗旱剂主要是提高了冬小麦的抗逆性, 提高了土壤水分的利用效率, 对提高成穗率、穗粒数和千粒重有利。

关键词: FA 旱地龙; 冬小麦; 产量; 发育期

中图分类号: S512.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0068-05

山西省内谷岭交错, 地形十分复杂, 山地和丘陵面积约占全省的 80% 以上, 平原面积不足 20%; 年降水 400~650 mm, 自然降水变率大, 从多年平均状况看, 山西省大多数农耕区在生长季节内水分亏缺。干旱是山西的主要气象灾害, 全省旱作农田占全省耕地面积的 70% 以上^[1], 地貌特征以黄土地貌为主^[2], 而且大部分的干旱地区都是经济文化比较落后的贫困地区, 而这些处于干旱贫困地区的农民, 由于自然条件和其自身条件的限制, 农业生产还没有摆脱靠天吃饭的局面。

旱作农业技术的研究及推广对山西省农业发展意义重大。朱国庆等^[3~5]研究得出, 用抗旱剂拌种播种, 可提高出苗率, 用于作物叶面喷施可起到一定的抗旱增产效果; 王志伟^[6]发现抗旱剂叶面喷施技术在玉米、谷子等大秋作物上施用, 可以起到明显的抗旱增产效果, 同时还发现抗旱剂对不同作物的施用过程不仅要掌握适宜的浓度, 而且还要根据不同的气候年型, 认为抗旱剂对不同作物叶面施用的技术还有待于进一步深入研究。本研究旨在探讨冬小麦叶面喷施抗旱剂在不同年型中的产量差异, 为喷施抗旱剂的推广应用奠定基础。

1 试验设计

1.1 试验处理

试验分 3 种浓度, 即高(C)、中(B)、低(A), 喷施 2

次和 3 次, 共 6 个处理, 设对照(不喷施 FA), 两次重复。其中: 低浓度[(10 ml FA + 3.75 kg 水)/(100m²·次)]; 中浓度[(20 ml FA + 3.75 kg 水)/(100m²·次)]; 高浓度[(40 ml FA + 3.75 kg 水)/(100m²·次)]; 2 次(孕穗, 灌浆); 3 次(拔节, 孕穗, 灌浆)。

1.2 试验小区排列

共设置了 14 个小区(每小区 100 m², 试验地共 1 400 m²), 分别为: A_{I1}, A_{II1}, B_{I1}, B_{II1}, C_{I1}, C_{II1}, CK₁; A_{I2}, A_{II2}, B_{I2}, B_{II2}, C_{I2}, C_{II2}, CK₂(表 1)。在试验区外还设置了保护行。

1.3 试验点抗旱剂用量

拔节期 6 个小区(FA)140 ml; 孕穗期 12 个小区(FA)280 ml; 灌浆期 12 个小区(FA)280 ml。

1.4 试验期间的气候条件分析

1.4.1 2003~2004 年度气候条件分析 2003 年秋季万荣县出现连阴雨天气, 9~11 月总降水量为 328.6 mm, 比历年同期偏多 1.5 倍, 由于秋季降水显著偏多, 麦田底墒充足, 这就为冬小麦的安全越冬和抵抗来年可能发生的春旱创造了非常有利的条件。2004 年 3~4 月, 降水仅 15.6 mm, 比历年偏少 38.8 mm, 4~5 月万荣降水 46.9 mm, 比历年偏少 32.1 mm, 由于前期底墒较好, 再加上降水适时, 万荣冬小麦只在抽穗前后受到短暂的干旱影响, 没有发生干热风灾害, 小麦灌浆充足, 籽粒饱满, 于 6 月 9 日成熟收获。总之 2003 年秋季到 2004 年 5 月的

收稿日期: 2008-03-09

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J100); 中国气象局 2004 年度扶贫项目“叶面喷施抗旱剂技术在山西贫困地区的推广应用”

作者简介: 王志伟(1964—), 山西运城人, 高级工程师, 主要从事气候和农业气象学研究。E-mail: wangzwsx@163.com。

通讯作者: 贾志宽, E-mail: zhikuan@tom.com

表 1 试验田小区排列(1400 m²)

Table 1 The arrangement of experimental fields of Wanrong

小区编号 Plot No.	处理名称 Treatments	处理 Treatments
1	CK ₂	对照 CK ₂
2	B _{II2}	中浓度, 三次 Method: medial concentration, three times
3	A _{II1}	低浓度, 三次 Method: low concentration, three times
4	A _{I2}	低浓度, 二次 Method: low concentration, two times
5	C _{I2}	高浓度, 二次 Method: high concentration, two times
6	C _{II2}	高浓度, 三次 Method: high concentration, three times
7	A _{I1}	低浓度, 二次 Method: low concentration, two times
8	CK ₁	对照 CK ₁
9	C _{I1}	高浓度, 二次 Method: high concentration, two times
10	B _{I2}	中浓度, 二次 Method: medial concentration, two times
11	B _{II1}	中浓度, 三次 Method: medial concentration, three times
12	A _{II2}	低浓度, 三次 Method: low concentration, three times
13	B _{I1}	中浓度, 二次 Method: medial concentration, two times
14	C _{II2}	高浓度, 三次 Method: high concentration, three times

表 2 试验田 FA 旱地龙用量

Table 2 Amount of FA in experimental fields

发育期 Growth period	浓度 Concentration	小区 Plot	处理 Treatments	小区 Plot	处理 Treatments	小区 Plot	处理 Treatments	小区 Plot	处理 Treatments	FA 量(体积 mL) Amount (volume mL)	兑水重(kg) Mixed water amount
拔节期 Shooting	低 Low	3	A _{II1}	12	A _{II2}	—	—	—	—	20	7.5
	中 Medial	11	B _{II1}	2	B _{II2}	—	—	—	—	40	7.5
	高 High	6	C _{II1}	14	C _{II2}	—	—	—	—	80	7.5
孕穗期 Booting	低 Low	7	A _{I1}	4	A _{I2}	3	A _{II1}	12	A _{II2}	40	15
	中 Medial	13	B _{I1}	10	B _{I2}	11	B _{II1}	2	B _{II2}	80	15
	高 High	9	C _{I1}	5	C _{I2}	6	C _{II1}	14	C _{II2}	160	15
灌浆期 Filling	低 Low	7	A _{I1}	4	A _{I2}	3	A _{II1}	12	A _{II2}	40	15
	中 Medial	13	B _{I1}	10	B _{I2}	11	B _{II2}	2	B _{II2}	80	15
	高 High	9	C _{I1}	5	C _{I2}	6	C _{II2}	14	C _{II2}	160	15

表 3 喷施抗旱剂日期(M-d)

Table 3 The date of spraying FA

年份 Year	第一次(拔节期) First (Shooting)	第二次(孕穗期) Second (Booting)	第三次(灌浆期) Third (Filling)
2004	04-06	04-14	04-25
2005	04-10	04-22	04-28

注:第一次喷施的只有 A_{II}、B_{II}、C_{II} 处理,第二和第三次所有处理都喷施。

Note: Treatment A_{II}、B_{II}、C_{II} were sprayed at first time. All were sprayed at second and third time.

气候条件对万荣冬小麦生长是比较有利的,冬小麦全生育期中,只在抽穗前后发生短暂旱情,没有对冬小麦的生长发育产生太大的不利影响。

1.4.2 2004~2005 年度气候条件分析 2004 年 9 月万荣县降水量 67.4 mm,平均气温 18.8℃,气候条件基本正常,冬小麦于 9 月 26 日顺利播种,10 月降水 11.8 mm,比历年偏少 31.3 mm,由于冬小麦处于苗期,需水相对较少,10 月较少的降水对小麦生长影响不大。11~12 月共降水 37.5 mm,比历年

偏多 17.5 mm,但是,气温偏高 1℃,小麦冬前分蘖偏多,出现了一定的旺长现象。2005 年 1~3 月万荣县降水量仅 11.5 mm,为历年同期的一半,出现了明显的旱情,4 月降水持续偏少,全月降水量 17.5 mm,比历年偏少五成,气温偏高 1.8℃,旱情十分严重,而 4 月正是万荣县小麦生长发育的关键期,冬小麦的孕穗、抽穗受到很大影响,部分地块出现死苗现象,5 月 16~17 日万荣县出现了 18 mm 的降水天气,但由于有效降水来的偏晚,减产已成定局。总之

2005 年的气候条件对万荣县冬小麦的生产十分不利,从 1 月开始直到 5 月上旬,全县基本没有出现有效降水,旱情十分严重,是近年来少有的干旱年份。

1.5 产量分析方法

试验开始后定期对冬小麦进行发育期观测、密度测定以及田间土壤湿度测定。产量分析是在大田收割前取样,分析小穗数、穗粒数、千粒重、密度等主要产量要素,计算理论产量。

2 结果与分析

2.1 喷施不同浓度和不同次数抗旱剂对冬小麦穗粒数的影响

从表 4 中看,2004 年使用抗旱剂的试验田平均穗粒数都有所增加,并且在喷施浓度相同的条件下,喷施 3 次的穗粒数都比喷施 2 次的多。在喷施低、中、高浓度的处理中喷施 3 次分别比喷施 2 次的多 0.4、0.3 和 0.1 粒/穗,从表 4 可以看出在 2004 年的气候条件下,在冬小麦拔节期喷施一定浓度的抗旱剂对冬小麦穗粒数增加有利;在喷施次数相同的

条件下,喷施不同浓度的抗旱剂对冬小麦穗粒数的影响不同,喷施高浓度比喷施低浓度增加的多,在喷施 2 次的处理中,喷施中浓度比低浓度的增加 0.4 粒/穗,喷施高浓度比低浓度的增加 0.9 粒/穗,在喷施 3 次的处理中,喷施中浓度比低浓度的增加 0.3 粒/穗,喷施高浓度的比低浓度的增加 0.6 粒/穗。从 2004 年的气候条件分析中可以看到,万荣县冬小麦在抽穗开花期,发生了干旱,此期喷施抗旱剂对提高冬小麦的抗旱能力有一定的作用,对开花受粉有利,可以提高穗粒数。

从表 5 可以看出,2005 年喷施抗旱剂对冬小麦小穗数的影响没有表现出规律性,也就是说,2005 年这种气候条件下,喷施抗旱剂对冬小麦小穗数的影响不大,但对穗粒数的影响与 2004 年一致,均表现为增加,喷施高浓度 3 次的增加最多为 3.1 粒/穗,高浓度 2 次的次之,为 2.3 粒/穗,中浓度 3、2 次的分别增加 2.1 和 1.4 粒/穗,低浓度 3、2 次的分别增加 1.3 和 0.4 粒/穗。

表 4 2004 年试验田主要产量结构

Table 4 The analysis of yield structure in experimental fields in 2004

项目 Items	小穗数(个)[-CK] Spikelets/ear	穗粒数(粒/穗)[-CK] Kernels/ear	千粒重(g)[-CK] 1000-kernal weight	乳熟期密度(穗/m ²)[-CK] Density (ear/m ²)	理论产量(kg/hm ²)[-CK] Grain yield
A I	15.4[0.6]	28.6[0.3]	39.16[-0.19]	348.27[-1.24]	5855.3[17.1]
A II	16.5[1.7]	29.0[0.7]	39.20[-0.15]	342.10[-7.41]	5833.4[-4.8]
B I	16.0[1.2]	29.0[0.7]	39.28[-0.07]	348.27[-1.24]	5950.8[112.6]
B II	16.5[1.7]	29.3[1.0]	39.34[-0.01]	349.51[0]	6043.1[204.9]
C I	16.2[1.4]	29.5[1.2]	39.41[0.06]	349.51[0]	6095.1[256.9]
C II	16.5[1.7]	29.6[1.3]	39.41[0.06]	349.51[0]	6115.8[277.6]
CK	14.8	28.3	39.35	349.51	5838.2

表 5 2005 年试验田主要产量结构分析

Table 5 The analysis of yield structure in experimental fields in 2005

项目 Items	小穗数(个)[-CK] Spikelets/ear	穗粒数(粒/穗)[-CK] Kernels/ear	千粒重(g)[-CK] 1000-kernal weight	乳熟期密度(穗/m ²)[-CK] Density (ear/m ²)	理论产量(kg/hm ²)[-CK] Grain yield
A I	18.7[-0.2]	30.7[0.4]	37.6[0.4]	293.42[15.83]	3387.0[258.1]
A II	18.9[0.0]	31.6[1.3]	37.6[0.4]	342.12[64.53]	4064.9[939.0]
B I	18.9[0.0]	31.7[1.4]	37.7[0.5]	322.64[45.05]	3855.8[726.9]
B II	18.7[-0.2]	32.4[2.1]	37.8[0.6]	326.29[48.7]	3996.1[867.2]
C I	19.1[0.2]	32.6[2.3]	37.8[0.6]	314.12[36.53]	3870.8[741.9]
C II	19.1[0.2]	33.4[3.1]	37.8[0.6]	342.12[64.53]	4319.3[1190.4]
CK	18.9	30.3	37.2	277.59	3128.9

结合 2005 年冬小麦返青到收获的气候特点可以看出,2005 年万荣县冬小麦从 3 月 10 日返青开始就受干旱影响,直到成熟收获,除 5 月 16~17 日有 18 mm 的降水外,基本没有有效降水,冬小麦的

生长发育受到严重影响,是历史上少有的干旱年份。由于拔节期冬小麦受旱较轻,喷施抗旱剂对小穗数影响不大,在抽穗开花期,发生了严重干旱,此期喷施抗旱剂对提高冬小麦的抗旱能力有较大作用,对

开花受粉有利,可以显著提高穗粒数,喷施高浓度抗旱剂对提高穗粒数作用明显,对提高产量贡献较大。

2.2 喷施抗旱剂对千粒重的影响

从表4可以看出,2004年喷施抗旱剂对冬小麦千粒重影响不明显,甚至在喷施低浓度和中浓度的地段还有轻微减少的趋势。这可能是由于在2004年万荣县冬小麦灌浆期自然降水充足,土壤墒情有利于冬小麦的正常灌浆,喷施抗旱剂以后还从一定程度上影响了冬小麦的生长发育,不利于千粒重的提高。

从表5可以看出,2005年喷施抗旱剂对冬小麦千粒重影响均表现为增加,浓度越高千粒重增加的越明显,喷施3次与2次差别不明显。喷施低浓度2次和3次的千粒重均增加0.4g,喷施中浓度2次和3次分别增加0.5和0.6g,喷施高浓度2次和3次均增加0.6g。说明在干旱年份,尤其在孕穗和灌浆期对冬小麦叶面喷施抗旱剂抗旱增产效果明显,对千粒重的提高有利。

2.3 喷施抗旱剂对冬小麦乳熟期密度的影响

从表4可以看出,2004年喷施抗旱剂对冬小麦乳熟期的密度没有大的影响,这主要是由于2004年的气候条件有利于冬小麦的生长发育,在冬小麦全生育期中只有在抽穗前后受到短暂的干旱影响,其他时段气候条件适宜,土壤水分充足,所以喷施抗旱剂对冬小麦乳熟期的密度影响不大。AⅡ处理,即低浓度喷3次处理的密度比对照少7.41穗/m²,这可能是取样点代表性较差所带来的误差。

从表5可以看出,在干旱的2005年喷施不同浓度和不同次数的抗旱剂对提高冬小麦乳熟期的密度影响明显,喷施3次均比2次增加的多,喷施高浓度的均比低浓度的增加的多。喷施低浓度2次和3次分别增加15.83穗/m²和64.53穗/m²,喷施中浓度2次和3次分别增加45.05穗/m²和48.7穗/m²,喷施高浓度2次和3次分别增加36.53穗/m²和64.53穗/m²。这说明在严重干旱的年份喷施抗旱剂对提高冬小麦成穗率效果明显。

2.4 喷施抗旱剂对冬小麦产量的影响

从表4中可以看出,除AⅡ(低浓度喷3次)处理由于密度原因使其理论产量比对照田略低外,其它处理均表现出不同程度的增产效果。从前面分析可以看出,这种增产效果都是由于在冬小麦拔节期、抽穗期喷施抗旱剂影响的结果,由于2004年仅在此期发生干旱,所以此期喷施抗旱剂对穗粒数提高明显。随着抗旱剂喷施浓度的提高,产量也越高,喷施高浓度三次的田块增产百分率达4.8%。

在严重干旱的2005年喷施不同浓度和不同次数的抗旱剂都能明显提高冬小麦的产量。从表5可以看出,喷施低浓度2次和3次的增产百分率分别为8.2%和29.9%,喷施中浓度2次和3次的增产百分率分别为23.2%和27.7%,喷施高浓度2次和3次的增产百分率分别为23.7%和38.0%。从表5还可以看出,2005年对冬小麦叶面喷施抗旱剂主要是提高成穗率、穗粒数和千粒重来提高产量。通过计算各要素增长百分率可以看出,喷施抗旱剂可使乳熟期密度增长5.7%~23.2%,对提高产量贡献最大,其次是穗粒数的增长百分率,在1.3%~10.2%之间,对提高产量贡献次之,第三是千粒重的增长百分率,在1.1%~1.6%之间,对提高产量的贡献相对较小。

由此可以看出在严重干旱年份,喷施抗旱剂可以显著提高冬小麦的产量。

2.5 喷施抗旱剂对麦田土壤含水量的影响

从2004和2005年试验田土壤湿度观测资料分析,不同时间各处理田块的土壤湿度与对照田土壤湿度差值没有一致性的规律(表略),造成这种差别的原因主要是由于操作上差异带来的误差所致,属于正常误差范围,说明喷施抗旱剂对麦田土壤湿度没有明显的影响,抗旱剂的作用只是提高了作物对土壤水分的利用率,对促进作物生长发育和提高作物抗逆性有一定的作用,对提高作物产量作用明显,并没有影响到作物从土壤中的吸收水分状况。

2.6 喷施抗旱剂对发育期的影响

作物发育与热量条件关系密切,即作物生长发育主要受生长期间的积温影响。为分析喷施抗旱剂是否对冬小麦发育期的进程有影响,在试验中,对各处理的发育期进行观测(表略),发现两年来喷施抗旱剂对冬小麦的发育期没有影响,不同处理的发育期与对照都表现为同步。

3 结 论

通过两年的示范、推广试验,可以得出如下结论:

抗旱剂的浓度越高,其抑制作物蒸腾的能力也越强,抗旱剂抑制作物蒸腾的同时,在一定程度上也抑制了作物的正常发育。在干旱年份(2005年),所用抗旱剂的浓度较高,喷施次数越多,其抗旱能力也较强,效果也越好;在土壤墒情较好的年份(2004年),使用抗旱剂的增产效果相对较差。在不同气候年型下,对冬小麦叶面喷施抗旱剂取得最大增产效果,抗旱剂的应用指标还需要深入研究。

在严重干旱的 2005 年, 试验田进行不同抗旱处理的小区, 其穗粒数、千粒重、密度均比对照田要好。喷施高浓度 3 次的效果最好, 其理论产量增产幅度达 38%, 其次是低浓度 3 次和中浓度 3 次, 增产幅度分别达到 30% 和 28%; 喷施 2 次普遍不如喷施 3 次效果好, 喷施 2 次的浓度越高越好, 高、中、低浓度分别增产 24%, 23% 和 8%。说明 2005 年在冬小麦生长发育的关键期, 喷施一定浓度的抗旱剂均有比较明显的抗旱增产效果。

致谢: 本项目试验所用的抗旱剂均为中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所提供, 在项目的试验过程中, 李茂松研究员给予了指导, 在此表示感谢!

参 考 文 献:

- [1] 钱林清, 郑炎谋, 郭慕萍, 等. 山西气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 1-165.
- [2] 缪启龙, 林文实, 吴 息, 等. 地球科学概论[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 190-215.
- [3] 朱国庆, 史学贵, 李巧珍. 定西半干旱地区春小麦抑蒸集水抗旱技术研究[J]. 中国农业气象, 2002, 23(2): 17-21.
- [4] 赵国强, 朱自玺, 方文松. 多功能防旱剂效果分析[J]. 气象, 1998, 24(9): 55-57.
- [5] 李玉中, 程延年. 抑蒸集水抗旱技术[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 3-19.
- [6] 王志伟. 山西北部集成抗旱技术抗旱增产效果的试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5): 25-30.

Effect of spraying FA on yield and growth period of winter wheat

WANG Zhi-wei^{1,2,3}, LIANG Ya-chun⁴, LIU Wen-ping³, PEI Xiu-miao⁴, JIA Zhao-yang⁴, JIA Zhi-kuan¹

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou, Gansu 730020, China; 3. Climate Center of Shanxi Province, Taiyuan, Shanxi 030006, China;

4. Yuncheng Meteorology Bureau, Yuncheng, Shanxi 044000, China)

Abstract: The pilot study on drought-resistant foliage spraying is made with the treatments of using three different concentrations of a drought-resistant FA (Dryland Long) spraying on winter wheat foliage at the critical growth period of winter wheat in three times and two times of six kinds, in Wanrong County, Shanxi Province. The results showed that: spraying a certain concentration of the drought-resistant FA on winter wheat foliage in jointing, booting and filling stage, the drought-resistant effect has significantly increased; In dry years, spraying high concentration of drought-resistant FA obtained higher yield than low concentration, spraying three times better than two times, the percentage of yield increase of six kinds of treatment is 8.2%~38%. The main effects of spraying drought-resistant FA increased the resistance of winter wheat, improved the efficiency of the use of soil moisture and increased the rate of effective ear, kernels/ear and 1000-kernal weight.

Key words: FA; winter wheat; yield; growth period