

干旱胁迫下不同温型小麦农田微气象特征研究^{*}

严菊芳^a, 张嵩午^a, 刘党校^b, 穆婉红^a

(西北农林科技大学 a 理学院; b 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 根据旱棚内外农田小气候观测资料, 分析了冷型小麦“陕229”和暖型小麦“NR9405”的农田微气象特征及其成因。结果表明, 与暖型小麦“NR9405”相比, 冷型小麦“陕229”灌浆结实期间的株间气温、地温均偏低, 株间水汽压和相对湿度升高, 株间光照度减小。该结果说明, 冷型小麦对干旱的适应性较暖型小麦强。

[关键词] 暖型小麦; 冷型小麦; 干旱胁迫; 农田微气象

[中图分类号] S512.101

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)10-0049-06

在灾害性天气条件下, 冷型小麦的叶片功能期、叶绿素含量、蛋白质氮含量、防御活性氧毒害的关键性保护酶活性、蒸腾速率以及净光合速率等均明显优于暖型小麦^[1-3]。作物生产是在一定的气候背景下进行的, 那么冷型小麦这种优于暖型小麦的特质的形成必然有其优越的田间微气象环境。研究不同温型小麦农田微气象特征对抗逆育种及小麦种植制度区划具有重要意义。目前, 对灾害性天气条件下冷型小麦生物学特性、种质性状的研究已有报道^[1-4], 但却未见关于此特性形成的农田微气象特征的研究。为此, 本试验观测了人工旱棚内不同温型小麦品种“陕229”和“NR9405”的农田微气象环境, 研究了冷型小麦和暖型小麦对干旱的适应性, 以期培育高产、稳产的小麦新品种及干旱、半干旱地区的小麦生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 冷型小麦“陕229”和暖型小麦“NR9405”, 均由西北农林科技大学农学院品比试验站提供。

1.1.2 仪器 天津市通仪仪表成套有限公司生产的阿斯曼通风干湿表, 长春仪器厂生产的DWJ1-1型双金属片温度计, 上海精密仪器仪表有限公司生产的ZDS-10照度计及河北衡水测温仪表厂生产的曲管地温表和地面温度表。

1.2 试验设计

试验于2003~2005年在西北农林科技大学农

作二站进行, 该站位于我国黄淮海平原冬麦区, 属暖温带半湿润气候。试区多年来旱涝频繁, 1996年旱涝指数为+9.31, 是近20年来阴雨之最; 1997年则是反差很大的另一类天气, 灌浆结实期旱涝指数为-12.11, 其降水的稀少也是近20年之最^[2]。为此在2002年搭建了人工旱棚(塑料大棚), 将参试品种置于人工控制之下, 同时在人工旱棚外设置了对照。棚内从播种到翌年04-10前在自然状态下生长, 从4月中旬(小麦孕穗期)至6月上旬(成熟), 每逢阴雨天气用塑料薄膜遮盖大棚, 阴雨过后揭开。断绝了自然降水和人工水分补给, 造就了一个严重干旱的小气候环境。

本试验以冷型小麦的典型品种“陕229”和暖型小麦的典型品种“NR9405”为参试品种, 将其分别种植在人工旱棚内、外(对照), 共计4个处理, 采用随机区组排列, 每处理重复3次。每小区播7行小麦, 行长1.5m, 行距0.30m。2003和2004年均于10月上旬开沟带尺点播。播前按尿素225 kg/hm²、磷酸二氢氮225 kg/hm²、磷酸二氢钾30 kg/hm²一次性施足底肥。田间管理按黄淮海平原冬麦区品种比较试验的要求进行。

1.3 观测项目及方法

观测项目有空气温度和湿度、土壤温度及光照度。在小麦扬花后将地面和曲管地温表分别安装于“陕229”和“NR9405”行间, 2004和2005年均于05-01后安装, 两品种小区地温表安装的方位一致。2005-05-18午后14:00在旱棚内两品种小区行间,

^{*} [收稿日期] 2006-04-26

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30470333)

[作者简介] 严菊芳(1969-), 女, 陕西韩城人, 讲师, 主要从事农业气象及作物栽培研究。

距地面 20 cm 高度处分别安装DW J1-1 型双金属片温度计,测定气温的日变化。05-06, 05-13, 05-21, 05-29 午后 14: 00 对株间气温、水汽压、相对湿度和光照度进行了观测,并于 13: 00 观测了土壤温度。05-21 8: 00~ 20: 00 每隔 3 h 加测 1 次土壤温度,同时观察记录叶片的衰老进程。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫条件下不同温型小麦株间气温的变化

由表 1 可知,随距地面高度的降低,冷型小麦

“陕229”和暖型小麦“NR 9405”的株间气温均逐渐升高,但冷型小麦“陕229”的气温增幅明显低于暖型小麦“NR 9405”;越接近地面,旱棚和对照的温差越大,“NR 9405”旱棚内株间气温与对照的差值为0.2~ 3.5,而“陕229”仅为0.1~ 1.8,且随着小麦成熟期的临近,这种差异显著增大。表明冷型小麦陕229对干旱的适应性较暖型小麦“NR 9405”强,其株间微气象环境较“NR 9405”更为优越。造成这种现象的主要原因是由于株间潜热通量偏高,致使加热空气的乱流热通量偏低^[5];此外,“陕229”较“NR 9405”的地面温度低,其地面有效辐射较小也是原因之一。

表1 干旱胁迫条件下不同温型小麦灌浆结实期株间气温的变化(2004)

Table 1 Change of air temperature in row during milk-filling and burliness stage under drought stress

距地面高度 Height from ground	05-06				05-13			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229
1.5 m	26.8	26.3	+ 1.1	+ 0.4	26.0	25.7	+ 0.3	+ 0.1
2/3 株高 2/3 height of vegetation	27.4	26.5	+ 1.1	+ 1.0	26.2	25.8	+ 1.1	+ 0.5
0.2 m	29.8	28.6	+ 1.6	+ 1.0	28.0	27.2	+ 1.4	+ 0.9
0.05 m	31.1	29.8	+ 2.5	+ 1.2	29.2	27.7	+ 1.8	+ 1.1

距地面高度 Height from ground	05-21				05-29			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229	NR 9405	陕229 Shaan 229
1.5 m	29.0	28.2	+ 0.2	+ 0.1	29.2	28.7	+ 0.2	+ 0.0
2/3 株高 2/3 height of vegetation	29.9	29.2	+ 0.9	+ 0.4	30.4	29.5	+ 1.0	+ 0.4
0.2 m	30.9	29.9	+ 1.9	+ 0.8	31.5	30.2	+ 2.1	+ 1.1
0.05 m	31.7	30.2	+ 3.1	+ 1.4	32.8	31.1	+ 3.5	+ 1.8

注:旱棚内“陕229”和“NR9405”的数值分别为其与对照的差值,下表同。

Note: The data of dry plastic shed is mensuration data in dry plastic shed minus the CK's, as the underside table

“陕229”与“NR 9405”株间气温的日变化情况如

图1所示。

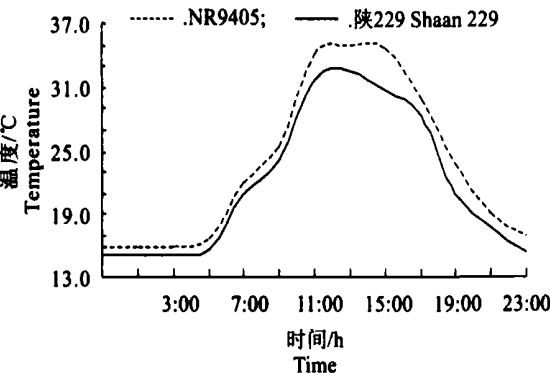


图1 不同温型小麦株间气温的日变化曲线
(2005-05-18,旱棚)

Fig 1 Curve of the air temperature in row during day (2005-05-18, dry plastic shed)

由图 1 可知,“陕229”与“NR 9405”的株间气温随时间的变化趋势基本一致,但“陕229”的株间气温低于“NR 9405”;二者的温差在白昼气温最高的 14: 00 左右最大,随气温降低温差减小。白天较低的株间气温更接近光合作用的最适温度,有利于光合作用的进行,也有利于抵御干热风及减缓早衰,这正是“陕229”具有较高净光合速率^[2]的主要原因之一;夜间较低的株间气温减小了呼吸消耗,有利于千粒重的提高。因而与暖型小麦相比,冷型小麦“陕229”的农田微气象环境对灌浆结实更为有利。

2.2 干旱胁迫下不同温型小麦土壤温度的变化

分别于 2004-05-21 08: 00~ 20: 00 测定了“陕229”和“NR 9405”旱棚内的土壤温度,结果见图2。由图2可以看出,早晨08: 00 土壤温度的垂直分布型为清晨过渡型,13: 00 的土壤温度垂直分布型为日射型,20: 00 的为傍晚过渡型。不论那种型式,冷型小麦“陕229”的土壤温度均低于暖型小麦“NR 9405”;

“陕 229 ”与“NR 9405 ”的地表温差以 13: 00 最大, 为 5 。由于此次观测时天空云量较多, 故晴天时的温差可能较观测值偏高。

4 4 , 并随土层深度增加而递减, 至 0.2 m 处为 1

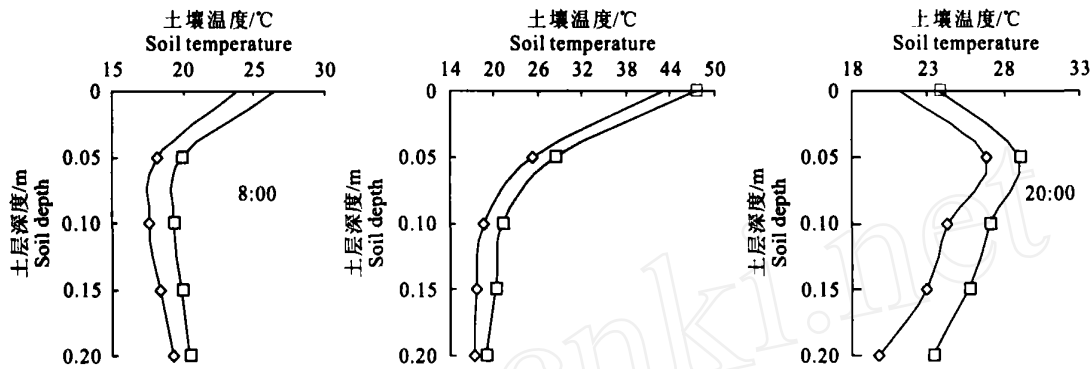


图2 干旱胁迫下不同温型小麦土壤温度的垂直分布(2004-05-21)

Fig. 2 Vertical distribution of soil temperature under drought stress

由表 2 可知, 05-06“NR 9405 ”与“陕 229 ”的地面温差为 3 4 , 05-21 为 4 4 , 05-29 为 5 0 。本试验中发现, 较高的土壤温度和空气温度促使了“NR 9405 ”的早衰, 05-13 旱棚内的“NR 9405 ”平均仅有 3 片绿叶, 旗叶的绿叶面积为 82% , 倒二叶和倒三叶的绿叶面积仅有 50% 和 12% ; 而“陕 229 ”有 4 片绿叶, 其中旗叶均为绿叶, 倒二叶 92% 为绿叶, 倒三叶和倒 4 叶分别有 75% 和 10% 的绿叶。

表2 干旱胁迫下不同温型小麦灌浆结实期株间地温的变化(2004)

Table 2 Changes of soil temperature in row during milk-filling and burliness stage under drought stress								
土层深度/m Soil depth	05-06				05-13			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
0.00	32.0	28.9	+ 3.3	+ 3.0	29.5	25.6	+ 3.9	+ 3.2
0.05	23.8	21.8	+ 2.1	+ 1.9	21.7	19.5	+ 2.3	+ 2.0
0.10	22.8	21.0	+ 1.8	+ 1.7	20.5	18.7	+ 1.8	+ 1.5
0.15	21.5	19.7	+ 1.5	+ 1.3	19.6	18.1	+ 1.5	+ 1.1
0.20	21.5	19.5	+ 1.1	+ 0.9	19.5	18.1	+ 1.2	+ 0.9
土层深度/m Soil depth	05-21				05-29			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
0.00	46.8	42.9	+ 4.4	+ 3.9	48.7	44.1	+ 4.6	+ 4.2
0.05	27.7	25.5	+ 2.5	+ 2.3	30.2	28.0	+ 2.6	+ 2.4
0.10	20.4	18.6	+ 2.1	+ 1.9	24.5	22.7	+ 2.0	+ 1.8
0.15	19.5	18.0	+ 1.7	+ 1.5	22.6	21.0	+ 1.7	+ 1.2
0.20	19.2	18.0	+ 1.2	+ 1.0	21.5	21.3	+ 1.5	+ 1.1

2.3 干旱胁迫下不同温型小麦株间水汽压的变化

由表 3 可知, 在距地面相同高度处, 无论是旱棚种植还是对照, “陕 229 ”株间水汽压均高于“NR 9405 ”。这与文献[6]的结果一致。与对照相比, 在距地面 1.5 m, 2/3 株高, 0.20 m 和 0.05 m 高处,

旱棚内“NR 9405 ”的株间水汽压分别降低 0.6~ 2.5, 1.3~ 2.8, 1.7~ 3.5 和 2.3~ 4.4 hPa; 而“陕 229 ”则分别降低 0.4~ 1.7, 0.8~ 1.9, 1.0~ 2.4 和 1.7~ 3.1 hPa。由此可见, 干旱胁迫下“陕 229 ”的株间水汽压下降较少, 其对干旱表现出了较强的适应性。

表3 干旱胁迫下不同温型小麦灌浆结实期株间水汽压的变化(2005)

Table 3 Water-vapour pressure variety in row during milk-filling and burliness stage under drought stress hPa

距地面高度 Height from ground	05-06				05-13			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
1.5 m	15.3	16.1	-0.8	-0.5	20.5	20.8	-0.6	-0.4
2/3 株高 2/3 height of vegetation	17.4	17.6	-1.5	-1.0	21.9	22.1	-1.3	-0.8
0.2 m	20.4	21.2	-2.3	-1.6	23.0	24.0	-1.7	-1.0
0.05 m	20.3	21.1	-2.8	-2.0	25.9	26.5	-2.3	-1.7

距地面高度 Height from ground	05-21				05-29			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
1.5 m	17.8	18.5	-1.3	-0.7	14.1	14.9	-2.5	-1.7
2/3 株高 2/3 height of vegetation	19.4	19.8	-1.7	-1.0	14.0	14.6	-2.8	-1.9
0.2 m	22.8	23.7	-2.6	-1.7	17.0	17.9	-3.5	-2.4
0.05 m	23.4	24.3	-3.3	-2.3	17.9	19.2	-4.4	-3.1

2.4 干旱胁迫下不同温型小麦株间相对湿度的变化

由表4可知,灌浆期05-06~05-29冷型小麦“陕229”株间各高度处的相对湿度均高于暖型小麦“NR9405”,且旱棚“陕229”和“NR9405”株间各高度处的相对湿度均较对照明显降低。与对照相比,在1.5 m、2/3株高、0.20 m和0.05 m高处,旱棚内的

“NR9405”株间相对湿度分别降低3%~6%,6%~11%,9%~11%和11%~16%;而“陕229”分别降低1%~3%,2%~6%,5%~8%和7%~9%。表明在干旱胁迫条件下,“陕229”株间相对湿度较“NR9405”下降较少,说明“陕229”对干旱有着较强的适应性,这可能是“陕229”在干旱胁迫下依然具有良好性状表现的原因所在^[1]。

表4 干旱胁迫下不同温型小麦灌浆结实期株间相对湿度的变化(2005)

Table 4 Relative humidity variety in row during milk-filling and burliness stage under drought stress %

距地面高度 Height from ground	05-06				05-13			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
1.5 m	44	47	-6	-1	61	63	-3	-2
2/3 株高 2/3 height of vegetation	48	51	-7	-6	64	67	-7	-3
0.20 m	49	53	-10	-7	61	66	-9	-5
0.05 m	45	50	-11	-8	64	71	-13	-9

距地面高度 Height from ground	05-21				05-29			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229	NR 9405	陕 229 Shaan 229
1.5 m	44	48	-4	-2	28	30	-3	-3
2/3 株高 2/3 height of vegetation	46	49	-6	-4	32	35	-11	-2
0.20 m	53	56	-11	-6	37	42	-11	-8
0.05 m	51	55	-16	-7	36	43	-14	-7

由表4可见,品种间湿度差异随株间高度降低而增大,其最大值一般出现在0.05 m株高处。小麦株间水汽一般源自于植株蒸腾和株间土壤蒸发,干旱胁迫下因作物的消耗,地表0.08~0.12 m为干土层覆盖,此时株间土壤蒸发几近为0,故株间水汽来

源主要为植株蒸腾。有研究^[1-2]表明,干旱胁迫下“陕229”的蒸腾速率在各观测日均大于“NR9405”,故较强的蒸腾作用是造成“陕229”株间水汽压偏高的直接原因,而较高的水汽压和较低的温度则是造成其株间相对湿度偏高的主要原因。

2 5 干旱胁迫下不同温型小麦株间光照度的变化

由表 5 可知, 无论是在旱棚外(对照)还是在旱棚内, 冷型小麦“ 陕229 ”各高度处的株间光照度均较“NR9405 ”小, 而旱棚内的“ 陕229 ”和“NR9405 ”各高度处的株间光照度均较对照高, 且由冠顶向下距地面高度越低差值越大。旱棚内的“NR9405 ”的株间光照度较对照高 2 60~ 14 77 klx, “ 陕229 ”较对照偏高 0 6~ 10 95 klx, 且随着生长时间的推移, 两品种间的株间光照度差异减小, 这可能与两品种的绿叶

衰退速度及株间湿度有关。张嵩午等^[2]和许秀娟等^[6-7]的研究表明, “ 陕229 ”3 片功能叶的功能期均明显长于“NR9405 ”; 且叶位越低差异越大, 这正是随着株高降低株间光照度差异增大的原因。此外, 旱棚内株间水汽压较小、空气中水汽含量低、对太阳辐射的削弱作用小也是导致旱棚内株间光照度较高的原因之一。较高的株间光照度致使地面得到的辐射能量较多, 从而使旱棚内的地面温度高于对照, 而使旱棚内株间气温较对照偏高。

表5 干旱胁迫下不同温型小麦灌浆结实期株间光照度的变化

Tablw 5 Field illum inance variety in row duringm ilkfilling and burliness stage under drought stress klx								
距地面高度 Height from ground	05-06				05-13			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229
冠顶 Plant tip	54 64	53 88	+ 3 52	+ 2 06	48 19	48 19	+ 2 60	+ 0 60
2/3 株高 2/3 height of vegetation	45 89	43 10	+ 7 57	+ 5 48	45 41	43 66	+ 6 93	+ 5 14
0 05 m	27 20	20 15	+ 10 55	+ 8 10	24 04	19 40	+ 9 12	+ 7 70

距地面高度 Height from ground	05-21				05-29			
	CK		旱棚 Dry plastic shed		CK		旱棚 Dry plastic shed	
	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229	NR9405	陕229 Shaan 229
冠顶 Plant tip	70 52	69 97	+ 3 12	+ 0 70	75 21	74 74	+ 6 06	+ 4 12
2/3 株高 2/3 height of vegetation	47 60	44 07	+ 10 23	+ 6 41	68 28	67 94	+ 8 62	+ 5 32
0 05 m	32 72	23 71	+ 14 77	+ 10 95	44 68	40 55	+ 12 70	+ 10 10

3 讨 论

本研究结果显示, 在干旱胁迫下, 与暖型小麦“NR9405 ”相比, 冷型小麦“ 陕229 ”具有较有利的小气候环境, 且随着旱情的加剧, “ 陕229 ”较“NR9405 ”表现出了更强的适应性。这与冷型小麦在干旱条件下仍具有良好性状表现的研究^[4, 7]结果相一致。由本研究株间光照度的观测结果可知, 冷型小麦“ 陕229 ”由于地面接受太阳辐射较弱, 使得地面(第二热源)

增温不剧烈, 长波辐射不强, 减弱了对冠层的烘烤, 导致冠层温度较低(外因), 有利于减轻小麦的早衰。

我国北方旱区在小麦灌浆结实期间易出现高温和干热风等灾害性天气, 对小麦千粒重和产量影响很大, 而冷型小麦小气候冷湿的特点则会明显减轻这些灾害性天气的危害。因此, 冷型小麦对于干旱条件较强的适应能力, 为我国北方干旱半干旱地区的小麦生产提供了良好的发展前景。

[参考文献]

[1] 冯伯利, 高小丽, 王长发, 等. 干旱条件下不同温型小麦叶片衰老与活性氧代谢特征的研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 74-76

[2] Zhang SW, Wang C F, Feng B L, et al. Some traits of temperature gemplasm wheat under extremely unfavorable weather conditions[J]. Progress in Nature Science, 2001, 11(12): 911-917.

[3] Reynolds M P, Fischer R A, Balota M, et al. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions[J]. Australian J of Plant Physiology, 1994, 21(6): 717-720

[4] 张嵩午, 王长发. 冷型小麦及其生物学特征[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 608-615

[5] 许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦灌浆期株间温、湿度的分析[J]. 西北农业大学学报, 2000, 28(6): 53-57

[6] 许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦灌浆期农田小气候特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 34-37.

[7] 许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦灌浆期农田热量分配状况初探[J]. 中国农业生态学报, 2002, 10(4): 40-43

Study on fam land m icroclim atic characteristics of different w heats under drought intim idation

YAN Ju-fang^a, ZHANG Song-wu^a, L IU Dang-xiao^b, M u W an-hong^a

(*a* S cientific academy; *b* A gricultural academy, N orthw est A & F U niversity, Yang ling, S haanx i 712100, China)

Abstract Based on observed data from fam land m icroclim ate in dry p lastic shed, the fam land m icroclim atic characteristics and the causes are analyzed. The results show that the air temperature, soil temperature and the illum inance in row of cold type wheat "Shaan 229" are lower than those of w arm type wheat "NR9405" during m ilk-filling and burliness stage. The water-vapour pressure and the relative hum idity are higher than those of "NR9405". In other word, the cold type wheat adapts to drought better than the w arm type wheat.

Key words: w arm type wheat; cold type wheat; drought intim idation; fam land m icroclim ate

(上接第48页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)10-0045-CA

Differences of canopy temperature between cold type wheat and w arm type wheat under different fertilization conditions

ZHO U Chun-ju, ZHANG Song-wu, W AN G L in-quan, FENG Ba i-li, W AN G Chang-fa

(College of L ife Science, N orthw est A & F U niversity, Yang ling, S haanx i 712100, China)

Abstract Field p lot experiments were conducted from 2002 to 2004 to study the differences of the canopy temperature between Cold Type W heat (CTW) and W arm Type W heat (W TW) under different fertilization conditions. The genotypes (XY6, S229 and RB6) w ith lower canopy temperature were named cold type wheat (CTW) and those (NR9405 and 9430) w ith higher canopy temperature were named w arm type wheat (W TW). Each genotype received four fertilizer treatments: CK (no fertilizer), P fertilization ($176.25 \text{ kg/hm}^2 \text{ P}_2\text{O}_5$), N fertilization ($237.0 \text{ kg/hm}^2 \text{ N}$), and NP fertilization ($176.25 \text{ kg/hm}^2 \text{ P}_2\text{O}_5 + 237.0 \text{ kg/hm}^2 \text{ N}$). The results showed that the temperature type of varieties could not be reversed w ith the change of fertilization environment. At the grain filling stage, the canopy temperatures of CTW were $0.4-1.1^\circ\text{C}$, lower than those of W TW in the different fertilizer treatments. Fertilization could change canopy temperature of wheat genotypes. Nutrient stressed plants displayed higher canopy temperature than those w ith good nutrient. Thus, the canopy temperature may be considered as a new, rapid, non-destructive and efficient method to breed good varieties and monitor plants opt im al cultivation.

Key words: Cold Type W heat; W arm Type W heat; canopy temperature; fertilizer condition