

冷型小麦产量及其构成因素的施肥效应分析

周春菊¹, 张嵩午¹, 王林权², 王长发³, 冯佰利³

(1. 西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 2002~2004 年的田间小区试验结果表明, 冷型小麦的产量构成因素与暖型小麦无显著差异, 但施肥后, 冷型小麦的有效穗数、穗粒数、千粒重、单茎粒重和产量的增加幅度均大于暖型小麦, 如冷型小麦小偃 6 号、陕 229 和 RB6 的产量增加幅度分别为 38.2%、31.6% 和 40.0%, 而暖型小麦 NR9405 和 9430 的产量增加幅度分别为 9.3% 和 27.3%。在供肥条件下, 暖型小麦的库源矛盾比冷型小麦突出。冷型小麦的肥料农学效率比暖型小麦高, 前者分别为 7.45、5.94 和 8.56 kg/kg, 后者分别为 1.52 和 5.19 kg/kg; 冷型小麦对肥料有较大的响应度, 施肥后增产效果显著。供试土壤中氮肥的农学效率显著高于磷肥, 应优先施用氮肥。

关键词: 冷型小麦; 施肥; 产量; 产量构成因素

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)04-0001-04

施肥, 尤其施用氮、磷肥是提高作物产量的重要途径之一。不同小麦基因型对肥料的利用效率, 即响应度不同, 选育肥料利用率即响应度较高的品种, 对提高小麦产量, 增加农民收入具有重要意义。张嵩午等^[1]多年研究发现, 不同小麦基因型灌浆结实期的冠层温度有差异, 冷型小麦是指多年来冠层温度持续偏低的一类基因型, 暖型小麦则指冠层温度持续偏高的一类基因型。冷、暖型小麦冠层温度的差异不受施肥^[2]和气候条件^[3]等的影响。研究表明^[4~5], 冷型小麦叶片功能期、叶绿素含量、净光合速率及保护酶活性均明显优于暖型小麦, 具有较明显的抗旱能力; 冷型小麦这种优良的代谢特性对干旱、阴雨等灾害性天气条件仍具有一定的适应性^[3], 利于小麦的高产和稳产, 并认为将来小麦品种的选育有可能向“大的潜在库容+小麦的冷温状态”这一模式发展^[6]。但关于目前研究发现的冷型小麦产量及其构成因素性状、冷型小麦的施肥效应等方面还未见报道, 为此, 本文以典型的冷、暖型小麦为材料, 对不同施肥条件下冷、暖型小麦的产量及其构成因素进行了研究, 以为优良品种的选育提供更详实的理论依据。

1 材料与方法

试验于 2002~2003 和 2003~2004 两个生产年度在西北农林科技大学西农校区农作一站进行。为暖温带半湿润气候, 属黄淮冬麦区。供试土壤为壤

土, 耕层(0~20 cm)土壤养分状况: 土壤有机质 9.564 g/kg, 全氮 1.08 g/kg, 速效氮 17.50 mg/kg, 速效磷 12.27 mg/kg, 速效钾 141.24 mg/kg。试验采用裂区设计, 主处理为施肥处理, 设 4 个水平, 即不施肥(CK)、单施磷肥(P, 176.25 kg P₂O₅/hm²)、单施氮肥(N, 237.0 kg N/hm²)和氮磷配施(NP, 176.25 kg P₂O₅/hm²+237.0 kg N/hm²); 副处理为品种, 选用本课题组多年来研究发现的冠层温度差异比较明显的 5 个小麦品种: 即小偃 6 号(冷型, 简称为 XY6)、陕 229(冷型, 简称为 S229)、RB6(冷型)、NR9405(暖型)、9430(暖型)。肥料于播前一次施入。前作为空茬。主区面积 10.5 m², 副区面积 2.1 m², 重复 3 次, 每小区 6 行, 行长 1.4 m, 行距 0.25 m, 株距 0.03 m。2002 年 10 月 7 号、2003 年 10 月 18 日(因雨推迟)开沟带尺点播, 播种前精选种子。出苗后对缺苗严重处补种。其余管理措施同一般大田。试验期间按品种比较试验和施肥试验要求进行田间管理。

成熟期调查每小区的有效穗数并折算成公顷穗数, 每处理每小区取 30 株考种, 测定穗粒数、千粒重, 计算产量。

施肥后增产的百分比(%)=(施肥区-不施肥区)/不施肥区×100%

氮(磷)肥农学效率=(施肥时产量-不施肥时产量)/施肥量

试验数据采用 DPS 统计软件进行处理。

收稿日期: 2005-12-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30470333); 2005 年西北农林科技大学博士科研启动费

作者简介: 周春菊(1965—), 女, 山西临猗县人, 博士, 副教授, 主要从事作物营养生理方面的研究。E-mail: zhchju@yahoo.com.cn。

2 结果与分析

2.1 施肥后冷型小麦的增产效应分析

由于两年试验结果趋势基本一致,本文以两年的平均值来讨论。

不同基因型的产量分析结果表明(表 1),增施肥料均有提高产量的作用,表现为 $NP>N>P>CK$ 。暖型小麦 NR9405 在不施肥时具有较高的基础产量,属于耐瘠薄土壤的品种;冷型小麦 RB6 在施肥后产量较高,属于高产品种。施肥后冷、暖型小

麦的增产幅度比较,在不同施肥条件下,冷型小麦三品种的增产幅度均大于暖型小麦两品种,小偃 6 号、陕 229、RB6、NR9405 和 9430 分别比对照平均增产 38.2%、31.6%、40.0%、9.3%和 27.5%,说明冷型小麦施肥后增产幅度大,对氮、磷肥有较大的响应度。NR9405 在各种施肥条件下的增产幅度均最小,在 P、N 和 NP 时分别增产 2.2%、5.1%和 20.5%,说明其对施肥,尤其对单施磷和单施氮肥的响应度最小。

表 1 不同施肥条件下冷、暖型小麦的理论产量及施肥效应
Table 1 Theoretical yield and fertilizer effects of CTW and WTW under different fertilization treatments

项目 Item	处理 Treatments	冷型小麦 CTW			暖型小麦 WTW		平均 Mean
		XY6	S229	RB6	NR9405	9430	
产量 Yield (kg/hm ²)	CK	5591.3 Dd	5583.5 Cd	5793.6 Dd	6302.0 Bc	5529.2 Cd	5759.9 Cd
	P	6365.2 Ce	5988.5 Ce	7174.1 Ce	6440.7B bc	5823.5 Ce	6358.4 Ce
	N	8013.0 Bb	7631.3 Bb	8212.7 Bb	6623.4 Bb	7516.3 Ab	7599.3 Bb
	NP	8795.1 Aa	8430.9 Aa	8946.7 Aa	7592.3 Aa	7807.4 Aa	8314.5 Aa
	平均 Mean	7139.5 (Abb)	6855.4 (Bc)	7501.7(Aa)	6751.7(Bc)	6654.8(Bc)	—
施肥增产(%) Yield increase	P	13.8	7.3	23.8	2.2	5.3	9.4
	N	43.3	36.7	41.8	5.1	35.9	30.6
	NP	57.3	51.0	54.4	20.5	41.2	42.6
	平均 Mean	38.2	31.6	40.0	9.3	27.5	—

注:数据后字母不同表示同一品种不同施肥间差异显著,括号中字母不同表示不同基因型间差异显著;小写与大写字母分别表示 5%和 1%的显著水平。下同。

Note: Means followed by different letters indicate significant difference among the fertilization treatments, and those followed by different letters in the brackets indicate significant difference among different genotypes; Small and capital letters indicate difference at 5% and 1% levels respectively. The same below .

2.2 冷、暖型小麦产量构成因素的施肥效应分析

冬小麦的穗粒数、千粒重和穗数具有很强的品种特性(表 2)。从有效穗数来看,供试小麦品种中,陕 229 较大,小偃 6 号和 NR9405 居中, RB6 和 9430 较小;小偃 6 号和 NR9405、RB6 和 9430 具有相似的特性。穗粒数表现为 $RB6>9430>陕 229>小偃 6 号>NR9405$;千粒重表现为 $NR9405>小偃 6 号>RB6>9430>陕 229$;不同施肥条件下表现趋势一致。单茎粒重以 RB6 最大,9430 次之, NR9405 和小偃 6 号再次之,陕 229 最小。说明冷、暖型小麦之间差异的根本原因与小麦基因型的穗粒数、千粒重和有效穗数的多少无直接关系。

施肥对产量构成三因素的影响比较(表 2、表 3),以有效穗数最大,穗粒数次之,千粒重较小;四种施肥处理比较,增施肥料均能增加有效穗数,表现为 $NP>N>P>CK$;单施磷肥对穗粒数影响不大,单

施氮肥和氮磷配施时均有提高穗粒数的作用(NR9405 除外),两处理之间差异不显著;与周顺利等的研究结果^[7]穗粒数与氮肥用量表现出正相关关系的结论一致。施肥对千粒重影响不大,从 5 个品种平均值来看,4 种施肥处理差异不显著。

施肥后冷、暖型小麦产量构成三因素的增加幅度(表 3),从有效穗数来看,性状相似的品种比较,小偃 6 号大于 NR9405, RB6 大于 9430;即冷型小麦有效穗数的增加幅度大于暖型小麦;增施氮肥时 9430 的增加幅度与 RB6 差异减小,说明其对氮肥比磷肥较为敏感。穗粒数除了在增施氮肥时冷型小麦小偃 6 号和暖型小麦 9430 相近外,其它施肥处理均表现为冷型小麦大于暖型小麦,施肥平均小偃 6 号、陕 229、RB6、NR9405 和 9430 的增加幅度分别为 8.9%、9.8%、14.4%、-2.4%和 7.8%;NR9405 施肥后的穗粒数增加幅度为负值,主要是由于在单施

磷肥时,有效穗数的增加导致氮素胁迫加重造成的。千粒重尽管在施肥后的增加幅度较小,但冷型小麦的增加幅度仍大于暖型小麦,小偃 6 号、陕 229、RB6、NR9405 和 9430 平均分别为 2.1%、0.6%、-2.5%、-4.2%和-3.9%。由此可以推断,冷型小麦的籽粒灌浆或充实比暖型小麦受四种施肥处理的影响小或略有增加,而暖型小麦施肥后影响较大,千粒重降低。NR9405、9430 和 RB6 增施氮肥时千粒重有所降低,与周顺利等的研究结果不施氮肥处理的千粒重最高,千粒重与氮肥用量表现出负相关关系一致^[7]。这可能是由于施肥后穗粒数增加,引

起了源的供应不足;暖型小麦源不足的问题较为突出。一个单茎库大小由粒重和穗粒数两个因素决定,两者的乘积是穗重的大小。从施肥后冷、暖型小麦单茎穗重的增加幅度看,冷型小麦均大于暖型小麦,施肥处理平均,冷型小麦三品种单茎穗重的增加幅度基本相同,为 10.2%~11.3%,暖型小麦 9430 为3.5%,NR9405 的单茎穗重平均还下降了 6.5%。说明施肥后冷型小麦的单茎穗重增产幅度较大,而暖型小麦施肥后单茎穗重增产幅度较小,甚至降低。说明冷型小麦的库容受植物的营养状况影响较大。

表 2 冷、暖型小麦的产量构成因素比较
Table 2 Yield components of CTW and WTW under different fertilization treatments

产量因素 Yield factors	施肥处理 Treatments	冷型小麦 CTW			暖型小麦 WTW		平均 Mean
		XY6	S229	RB6	NR9405	9430	
穗粒数 (粒/每穗) Kernel number per spike	CK	39.5 Bb	41.0 Bc	51.9 Bd	38.9 Aa	48.5 Bb	44.0 Bb
	P	39.9 Bb	40.2 Bc	55.9 Bc	36.2 Ab	47.8 Bb	44.0 Bb
	N	44.5 Aa	46.7 Ab	60.3 Ab	38.8 Aa	54.6 Aa	49.0 Aa
	NP	44.5 Aa	48.2 Aa	62.1 Aa	38.7 Aa	54.5 Aa	49.6 Aa
	平均 Mean	42.1(Bd)	44.1(Bc)	57.6 (Aa)	38.2 (Be)	51.3(Ab)	—
千粒重(g) 1000 kernel weight	CK	42.3 Ab	36.7 Aa	42.0 Aa	47.7 Aa	40.8 Aa	41.9 Aa
	P	42.7 Ab	37.0 Aa	42.3 Aa	46.7 Ab	40.4 Aa	41.8 Aa
	N	43.4 Aa	37.0 Aa	40.7 Aa	45.6 Ac	38.8 Ab	41.1 Aa
	NP	43.5 Aa	36.7 Aa	39.7 Ab	44.7 Ad	38.6 Ab	40.6 Aa
	平均 Mean	43.0 (Abb)	36.8(De)	41.2(BCc)	46.2(Aa)	39.7 (Cd)	—
穗重(g) Weight per spike	CK	1.67 Ab	1.50 Ab	2.18 Ab	1.85 Aa	1.98 Ab	1.8 Ab
	P	1.71 Ab	1.49 Ab	2.36 Aa	1.69 Ac	1.93 Ab	1.8 Ab
	N	1.93 Aa	1.73 Aa	2.46 Aa	1.77 Aab	2.11 Aa	2.0 Aa
	NP	1.94 Aa	1.77 Aa	2.46 Aa	1.73 Abc	2.10 Aa	2.0 Aa
	平均 Mean	1.81(BCc)	1.62(Ce)	2.37 (Aa)	1.76(Cd)	2.03(Abb)	—
有效穗数 Effective spikes (10 ⁴ spikes/hm ²)	CK	334.5 Cd	371.5 Bd	263.9 Cd	339.5 Cd	277.3 Bd	317.3 Dd
	P	370.8 BCc	400.3 Bc	303.5 BCc	365.7 BCc	300.4 Bc	348.1 Cc
	N	414.5 ABb	444.8 Ab	332.5 ABb	382.5 ABb	354.6 Ab	385.8Bb
	NP	457.4 Aa	481.3 Aa	362.4 Aa	436.1 Aa	371.5 Aa	421.7 Aa
	平均 Mean	394.3(Bb)	424.5(Aa)	315.6 (Cc)	380.9(Bb)	326.0(Cc)	—

2.3 冷、暖型小麦的氮、磷肥农学效率

从表 4 来看,三种施肥处理比较,以单施氮肥的农学效率最高,氮磷配施次之,单施磷肥农学效率最低。冷、暖型小麦比较,冷型小麦三品种的肥料农学效率均高于暖型小麦;施肥平均小偃 6 号、陕 229、RB6、NR9405、9430 的肥料农学效率分别为 7.45、

5.94、8.56、1.52、5.19;冷型小麦三品种显著大于暖型小麦两品种,进一步说明冷型小麦对肥料的响应度比暖型小麦高。各品种的氮肥农学效率均高于磷肥的农学效率,说明供试土壤的磷素营养水平较高,氮素供应水平较低,应优先施用氮肥。

表 3 施肥后冷、暖型小麦产量构成因素提高的百分比(%)

Table 3 Increase percent of yield components CTW and WTW under different fertilization treatments

产量因素 Yield factors	施肥处理 Treatments	冷型小麦 CTW			暖型小麦 WTW	
		XY6	S229	RB6	NR9405	9430
穗粒数 Kernel number per spike	P	1.1	−1.9	7.6	−6.8	−1.4
	N	12.8	13.8	16.1	−0.1	12.6
	NP	12.7	17.6	19.5	−0.3	12.4
	平均 Mean	8.9	9.8	14.4	−2.4	7.8
千粒重 1000 kernel weight	P	0.9	0.9	0.7	−2.0	−1.0
	N	2.6	0.8	−2.9	−4.4	−5.1
	NP	2.8	−0.1	−5.4	−6.2	−5.6
	平均 Mean	2.1	0.6	−2.5	−4.2	−3.9
穗重 Weight per spike	P	1.8	−1.3	8.3	−8.6	−2.5
	N	15.6	14.7	12.8	−4.3	7.1
	NP	16.2	17.3	12.8	−6.5	6.1
	平均 Mean	11.2	10.2	11.3	−6.5	3.5
有效穗数 Effective spikes	P	10.9	7.8	15.0	7.7	8.3
	N	23.9	19.7	26.0	12.6	27.9
	NP	36.8	29.6	37.4	28.4	33.9
	平均 Mean	23.9	19.0	26.1	16.3	23.4

表 4 冷、暖型小麦的氮、磷肥农学效率(kg/kg)

Table 4 Comparison of agronomic use efficiency of N and P between CTW and WTW

处理 Treatments	冷型 CTW			暖型小麦 WTW		平均 Mean
	XY6	S229	RB6	NR9405	9430	
P	4.39	2.30	7.83	−1.95	1.67	2.85
N	10.22	8.64	10.21	3.39	8.38	8.17
NP	7.75	6.89	7.63	3.12	5.51	6.18
平均 Mean	7.45	5.94	8.56	1.52	5.19	5.73

3 小 结

1) 从产量构成因素看,冷型小麦与暖型小麦无明显规律可循,有效穗数、穗粒数和千粒重的多少并不是其冠层温度差异的根本原因。

2) 施肥后,冷型小麦有效穗数、穗粒数、穗重和产量的增加幅度均大于暖型小麦,冷型小麦的产量及其构成因素对肥料有较高的响应度。

3) 冷型小麦的籽粒灌浆或充实受四种施肥处理影响较小,千粒重较为稳定;而暖型小麦千粒重施肥后略有降低,库源矛盾,即源不足的问题较为突出。

4) 施肥对有效穗数的影响最大,穗粒数次之,千粒重最小。施肥处理比较,有效穗数表现为 NP>N>P>CK;增施氮肥有提高穗粒数的作用,而单施磷肥无差异。

5) 供试土壤条件下,氮肥的农学效率显著高于磷肥,应优先施用氮肥。

参 考 文 献:

[1] 张嵩午. 小麦温型现象研究[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 471—474.

[2] 周春菊, 张嵩午, 王林权, 等. 施肥对小麦冠层温度的影响及其与生物学性状的关联[J]. 生态学报, 2005, 25(1): 18—22.

[3] 张嵩午, 王长发, 冯佰利, 等. 冷型小麦对干旱和阴雨的双重适应性[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 680—685.

[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] 张嵩午, 王长发, 周春菊, 等. 冷型小麦的表现特征及其与代谢功能的关联[J]. 华北农业学报, 1999, 14(3): 42—48.

[6] 张嵩午, 王长发, 冯佰利, 等. 冷型小麦单穗潜在库填充的研究[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(4): 31—33.

[7] 周顺利, 张福锁, 王兴仁. 高产条件下冬小麦产量性状的品种差异及氮肥效应[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 67—71.

(英文摘要下转第 18 页)

[J].西北农业大学学报,1997,25(3):26—29.

[5] 邓新民.降水施肥与旱地小麦丰欠之探讨[J].干旱地区农业研究,1998,(2):16—23.

[6] 张正茂,任广鑫,闵安成.渭北旱源冬小麦不同栽培方式初探[J].干旱地区农业研究,1999,(4):36—39.

[7] 张慧敏,牛一川,杨秀兰,等.地膜冬小麦幼穗分化进程和主要农艺性状[J].麦类作物学报,1998,18(2):31—34.

[8] 王常军,表海生,等.不同覆盖方式对旱源冬小麦增产作用比较[J].西北农业大学学报,1999,8(增刊):33—36.

[9] 樊廷路,王 勇,王立明,等.旱地冬小麦周年地膜覆盖的增产机理及关键技术研究[J].干旱地区农业研究,1992,(2):4—7.

[10] 杜守宇,田恩平,温 敏,等.膜侧小麦应用壮丰安的调控效果研究[J].麦类作物学报,2002,22(3):59—62.

[11] 黄明丽,邓西平,白登忠.N、P 营养对旱地小麦生理过程和产量形成的补偿效应研究进展[J].麦类作物学报,2002,22(4):74—78.

Effect of fertilization on yield increasing of winter wheat planted on sides of film in furrow lines in dryland areas in Tianshui

YUE Wei-yun¹, SONG Jian-rong¹, ZHANG Yao-hui¹, YANG Sheng-mao², LU Li-li¹,
WANG Xi-en¹, LIU Hong-yan¹, WEN Hong-chang¹

(1. Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741000, China;
2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of fertilization on water utilization, agronomic characters and economic benefit of dryland wheat planted on sides of film in furrow lines. The results showed that the application of fertilizers could significantly increase WUE by 1.1~3.1 kg/(mm·hm²), and advance the development of wheat. Under the treatments of low fertilizer, mid fertilizer and high fertilizer, the yield of wheat was increased by 731.5 kg/hm², 1 461.0 kg/hm² and 1 648.5 kg/hm², respectively, compared with the unfertilized treatment; and the yield increase rate was 25.5%, 50.9% and 57.4%, respectively. The economic benefit was found to be the highest under the mid fertilizer treatment with N 118.1 kg/hm², P₂O₅ 94.5 kg/hm² and K₂O 60.0 kg/hm².

Keywords: dryland area in Tianshui; winter wheat planted on sides of film in furrow lines; fertilization; yield-increasing effect; water use efficiency (WUE); economic benefit

(上接第 4 页)

Fertilization effects of yield and its components of cold type wheat

ZHOU Chun-ju¹, ZHANG Song-wu¹, WANG Lin-quan², WANG Chang-fa³, FENG Bai-li³

(1. College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Resources and Environmental Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The field experiments were conducted from 2002 to 2004 at the Agricultural Experimental Station of Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi Province, China. The genotypes (XY6, S229 and RB6) with lower canopy temperature were named as cold type wheat (CTW) and those (NR9405 and 9430) with higher canopy temperature were named as warm type wheat (WTW). Each genotype was treated with four fertilization modes: CK (no fertilizer), P fertilization (176.25 kg P₂O₅/hm²), N fertilization (237.0 kg N/hm²), and NP fertilization (176.25 kg P₂O₅/hm²+237.0 kg N/hm²). The results showed that under no fertilizer condition, there was no significant difference between the yield components of CTW and those of WTW, but under fertilization conditions, the increase rate of effective ears per unit area, grain number per ear, 1000—grains weight and yields of CTW were all higher than those of WTW; The CTW genotypes presented a more considerable response to fertilization than the WTW genotypes, and the yield of CTW genotypes was increased significantly by fertilization; The agronomic use efficiency of N was significantly higher than that of P.

Keywords: cold type wheat; fertilizer; yield; yield components