

不同化学及营养调控措施配合对旱地冬小麦生长及产量的影响

拓秀丽, 郑险峰, 周建斌

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 黄土高原南部旱作区, 田间试验不同化学及营养调控措施对小麦生长发育及产量的影响。结果表明, 施氮可以明显促进小麦分蘖, 使用植物生长调节剂及其与微量元素 ($MnSO_4$) 配合对小麦分蘖有促进, 其中以多效唑及其与 $MnSO_4$ 配合处理较为突出; 多效唑处理降低了小麦株高。植物生长调节剂及其与 $MnSO_4$ 配合增加了小麦叶面积和叶片的 SPAD 值, 其中多效唑 + $MnSO_4$ + 甜菜碱处理的叶面积及 SPAD 值的增加尤为突出。采用多效唑、 $MnSO_4$ 和甜菜碱以及多效唑和 $MnSO_4$ 配合显著提高了小麦产量, 较清水对照产量分别提高了 1 014.7 kg/hm^2 和 640.5 kg/hm^2 。说明不同的化学及营养调控措施可以有效地调节小麦生长, 提高作物产量。

关键词: 冬小麦; 化学调控; 营养元素; 生长发育; 籽粒产量

中图分类号: S143.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0063-05

全世界约有 43% 地区属于干旱和半干旱地区, 我国干旱地区占全国国土面积一半以上^[1]。因此, 如何提高作物的抗旱性, 是旱地农业研究的主要问题之一。合理施肥及采用不同植物生长调节剂调控植物生长发育(即化控技术), 是增强作物抗旱性的有效途径。关于不同化控物质在提高作物抗旱性方面的效果, 一些研究表明^[2~6], 多效唑(PP₃₃₃)具有降低株高, 增加茎粗和分蘖, 提高成穗率, 增加穗粒数, 增强小麦抗性, 使叶片增厚, 叶绿素含量增加, 增高产量等效果。近几年的一些研究表明^[7~10], 甜菜碱具有提高作物抗旱性的功能, 喷施甜菜碱显著提高了小麦叶面积, 增加了小麦生物学产量, 且土壤水分含量低时其作用更为明显。合理施肥在提高作物水分利用效应方面的效果, 更多的集中在氮、磷和钾大量营养元素方面, 在一定程度上忽视了微量元素的作用效果。

化学调控技术在农业生产中的应用已有 50 多年的历史, 近一二十年来的发展更为迅速, 各地相继在不同作物上开展了浸(拌)种、叶面喷施等研究工作^[11~16]。小麦是对锰较为敏感的作物, 加上我国北方石灰性土壤属容易缺锰的土壤^[17]。因此, 一些研究已经报道了石灰性土壤锰肥的良好效果^[18]。但在干旱半干旱地区, 化控技术与营养调控相结合对小麦生长发育的影响的研究报道尚十分有限。因

此, 本试验重点研究生长调节剂及其与营养元素对比对小麦生长发育、产量及产量构成因素的影响, 旨在为旱地农业高产优质提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2004 年 10 月~2005 年 6 月在西北农林科技大学农作一站试验田进行。试验地区属于黄土高原南部旱作区, 年均降水量 632 mm, 且主要集中在 7、8、9 月; 年蒸发量约 1 400 mm^[19]。冬春季小麦生长期容易发生旱情, 2004 年~2005 年小麦生长期降雨量为 178mm。土壤为红油土, 前茬为空闲地。

试验设施氮量和生长调节剂两个研究因素, 采用裂区设计, 施氮量为主区, 用量分别 0、180 kg/hm^2 (用 N0, N180 表示), 作为基肥在播种前一次施用。生长调节剂及锰肥为副区, 处理包括清水对照、PP₃₃₃、 $MnSO_4$ 、PP₃₃₃ + $MnSO_4$ 和 PP₃₃₃ + $MnSO_4$ + 甜菜碱(分别用 W, MET, Mn, METMn, METMnGb 表示)。其中副区净面积为 8.5 m^2 (2.5 m × 3.4 m), 重复 4 次。行距 20 cm 左右。试验地统一施用磷肥, P_2O_5 用量为 100 kg/hm^2 。

利用上述生长调节剂、微量元素及其组合浸种, 浸种为 6 h。各生长调节剂及微量元素的浓度分别

收稿日期: 2007-09-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划, 2006AA100202); 国家自然科学基金项目(30230230); 西北农林科技大学拔尖人才支持计划(2006)

作者简介: 拓秀丽(1983-), 女, 陕西横山县人, 在读硕士研究生, 主要从事植物营养与调控研究。

通讯作者: 周建斌。

为:PP₃₃₃为 250 mg/L, MnSO₄ 为 0.1%, 甜菜碱为 30 mg/L。除种子处理外在小麦拔节期喷施相应的生长调节物质, 浓度分别为:PP₃₃₃为 250 mg/L, MnSO₄ 为 0.2%, 甜菜碱为 30 mg/L。喷施两次进行, 分别于 2005 年 3 月 31 日和 4 月 5 日进行, 喷施数量为 675 L/hm²。

供试小麦品种为小偃 6 号, 于 2004 年 10 月 12 日播种, 播量为 150 kg/hm²。田间管理措施同当地大田, 整个生育时期未灌水。

1.2 测定指标及方法

1) 分蘖: 在苗期(11 月 20 日)调查各处理的基本苗, 方法为每个小区在非采样行(小区内有 14 行中间 3 行作为计产区即为非采样区)选取两个具有代表性的 1 米段作为取样点, 于返青期(3 月 6 日)在同前的取样点测定其总分蘖, 然后计算其单株分蘖数。

2) 株高、叶面积: 分别于返青期(3 月 8 日)、拔节期(4 月 10 日)和开花期(4 月 29 日)测定小麦株高、叶面积, 方法为在每个小区内按照对角线选取 15 株, 用直尺测定其株高、叶长、叶宽, 根据叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 0.76^[20] 计算叶面积。叶面积在返青期和拔节期测定时测定植株上部的第一片完全展开叶, 开花期测定旗叶叶面积。

3) 生物量: 在小麦返青期(3 月 8 日)、拔节期(4 月 10 日)和开花期(4 月 29 日)在每个小区内按照对角采取两个具有代表性的 50 cm 样段地上部分样

品, 烘干、称重。

4) 叶绿素: 分别于返青期(3 月 29 日)、拔节期(4 月 20 日)、开花期(5 月 10 日)、灌浆期(5 月 18 日)和(5 月 24 日)用 SPAD-502 仪, 按照对角线选取 15 株测定其 SPAD 值。在返青期和拔节期测定地上部分第一片完全展开叶, 开花期以及灌浆期测定对象为旗叶。

1.3 统计分析方法

采用 SAS 软件对不同处理的差异进行方差分析及多重比较, F 检验显著性用符号“*”及“**”表示, 其中“*”表示在概率 0.05 水平下处理间有显著差异, “**”表示在概率 0.01 水平下处理间有显著差异。多重比较结果用字母表示, 相同的字母代表两处理间没有显著性差异, 不同的字母代表两处理间存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同调控措施对冬小麦分蘖和株高的影响

不同化学调节剂处理均不同程度增加了小麦分蘖, 其中多效唑处理小麦单株分蘖较清水对照增加 1.12 个, MnSO₄ 处理增加 1.06 个; 多效唑 + MnSO₄ 处理和多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱处理单株分蘖数分别比对照增加了 0.7 个和 0.21 个株。统计分析发现, 各化学调节剂处理较对照差异均未达显著水平。施氮明显促进了小麦分蘖, 平均每株增加 2.6 个。小麦分蘖的增加, 为小麦增产奠定了基础。

表 1 不同调控措施对冬小麦株高、叶面积的影响

Table 1 Effects of plant growth regulators and Mn on the height and area of winter wheat

处理 Treatment		株高 Height(cm)			叶面积 Leaf area(cm ²)		
		返青期 Reviving	拔节期 Jointing	开花期 Flowering	返青期 Reviving	拔节期 Jointing	开花期 Flowering
主处理 Main Treatment	N0	11.59 b	49.22 b	74.27 b	5.66	19.87 b	19.77
	N18	12.18 a	59.80 a	81.76 a	6.21	23.25 a	21.85
	F 值 F value	39.71 *	3283.05 **	779.63 **	4.46	28.72 *	11.52
副处理 Sub Treatment	W	12.20	56.78 a	79.27 ab	6.14 ab	21.18	18.70 b
	MET	11.70	51.83 b	77.32 b	5.51 c	21.92	19.74 b
	Mn	12.35	56.96 a	81.00 a	5.70 bc	21.89	20.78 ab
	METMn	11.75	54.66 ab	74.52 c	6.06 ab	21.54	22.16 a
	METMnGb	11.41	52.30 b	77.96 b	6.26 a	21.27	22.67 a
	F 值 F value	2.66	3.77 *	11.57 **	4.15 *	0.33	6.7 **
主处理 × 副处理 Main × Sub		1.11	0.56	2.77	2.18	0.85	0.57

从表 1 可以看出, 各时期施氮均显著增加了小麦株高, 而生长调节剂及营养元素组合各处理在不同时期的表现不同。小麦各生长时期施用多效唑, 包括多效唑 + MnSO₄、多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱和

多效唑处理, 均不同程度降低了小麦株高, 但不同时期降低小麦株高的效果不同。与清水对照相比, 返青期各施用多效唑处理降低小麦株高的效果未达显著水平, 而拔节期多效唑处理和多效唑 + MnSO₄ +

甜菜碱处理以及开花期多效唑 + MnSO₄ 处理降低株高的效果均达显著水平。各时期施用 MnSO₄ 处理对小麦株高均有不同程度的促进作用。

2.2 不同调控措施对冬小麦叶面积和叶片 SPAD 值的影响

从表 1 可以看出,施氮不同程度增加了小麦叶面积,其中拔节期施氮处理较对照的增加达显著水平。不同化学调节剂处理相比,返青期多效唑处理叶面积小于对照,而在拔节期和开花期多效唑处理对小麦叶面积的增加有促进作用;多效唑与锰结合处理在小麦生长后期对小麦叶片生长的促进作用达显著水平。

从表 2 可以看出,施氮均显著增加了小麦各个时期的叶绿素含量,反映了氮素供应与叶绿素含量间的密切关系。不同生长调节剂处理在各时期均不同程度增加了小麦叶片叶绿素含量,但不同时期的作用效果不同。返青期不同生长调节剂处理的 SPAD 值间的差异达极显著水平 ($P < 0.01$),其中以 MnSO₄ 处理的 SPAD 值最高,其次为多效唑 + MnSO₄ 处理,其与清水对照的差异达显著水平,多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱处理和多效唑处理与清水

对照的差异未达显著水平。拔节期不同生长调节剂处理的 SPAD 值间的差异也达极显著水平 ($P < 0.01$),其中以多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱处理的 SPAD 值最高,其次为多效唑 + MnSO₄ 处理以及 MnSO₄ 处理,它们与清水对照的差异达显著水平,单施多效唑处理叶片 SPAD 值与清水对照的差异未达显著水平。开花期 MnSO₄ 处理效果最好,较对照差异达到显著水平。其它处理效果较 MnSO₄ 处理相对较差,与清水对照未达显著水平。施氮和各化学及营养调控措施对叶片叶绿素 SPAD 值存在互作效应,且达到了极显著水平 ($F = 9.77 > F_{0.01} = 4.22$)。

灌浆期两次测定结果(表 2)可以看出,各处理都可以增加叶片的 SPAD 值。第一次(5 月 18 日)各处理叶片 SPAD 值大小顺序为:多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱 > MnSO₄ > 多效唑 + MnSO₄ > 多效唑 > 对照,但各处理间的差异未达显著水平。第二次(5 月 24 日)测定时多效唑 + MnSO₄ 处理较对照差异达到显著水平,其它处理均未达显著水平。施氮和各化学及营养调控措施对叶片叶绿素 SPAD 值的互作效应达极显著水平 ($F = 45.43 > F_{0.01} = 4.22$)。

表 2 不同化学及营养调控处理小麦叶片 SPAD 值

Table 2 Effects of plant growth regulators and Mn on the leaf SPAD value of winter wheat

处理 Treatment		返青期 Reviving	拔节期 Jointing	开花期 Flowering	灌浆期 Grain filling	
					5 月 18 日 May 18th	5 月 24 日 May 24th
主处理 Main	N0	47.54 b	47.97 b	46.47 b	34.21 b	12.63 b
	N180	53.38 a	51.94 a	52.97 a	48.70 a	36.52 a
Treatment	F 值 F value	987.61 **	252.17 **	458.63 **	91.76 *	693.49 **
	W	49.47 c	48.40 c	48.68	40.67	22.82 b
副处理 Sub	MET	50.15 bc	49.30 bc	49.50	40.78	24.63 ab
	Mn	51.53 a	50.08 b	50.27	41.52	24.17 ab
Treatment	MET Mn	50.93 ab	50.23 ab	50.13	41.03	26.40 a
	MET MnGb	50.22 bc	51.78 a	50.02	43.27	24.85 ab
	F 值 F value	4.47 *	6.43 **	2.05	1.52	13.85 **
主处理 × 副处理 Main × Sub		1.64	1.66	9.77 **	1.58	45.43 **

2.3 不同调控措施对冬小麦产量及其构成因素的影响

从表 3 可以看出,施用氮肥极显著地增加了小麦单位面积穗数,对小麦穗粒数和千粒重的影响未达显著水平 ($P > 0.05$)。

各生长调节剂处理对 667 m² 穗数的影响均有一定的促进作用,其中多效唑 + Mn + 甜菜碱处理与清水对照相比,667 m² 穗数增加了 6.6% (表 3);与清水对照相比,多效唑 + Mn 处理穗粒数增加了

8.8%;多效唑和多效唑 + Mn + 甜菜碱处理小麦千粒重与清水对照相比分别增加了 4.9% 和 3.7%。

各生长调节剂处理不同程度地提高了小麦产量,其中多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱处理和多效唑 + MnSO₄ 处理增产幅度较对照差异达显著水平。与对照相比各处理的平均增产数量为:多效唑 + MnSO₄ + 甜菜碱为 1014.7 kg/hm²,多效唑 + MnSO₄ 为 640.5 kg/hm²,多效唑为 494.3 kg/hm²,MnSO₄ 为 329.2 kg/hm²,各不同调控处理小麦产量顺序

为:多效唑+MnSO₄+甜菜碱>多效唑+MnSO₄>多效唑>MnSO₄>对照,与小麦后期叶绿素含量和叶面积大小综合效应趋势一致。施氮肥和生长调节

剂处理对小麦产量存在显著的交互效应($F=3.65 > F_{0.05}=2.78$)。

表 3 不同调控措施对冬小麦产量及其构成因素的影响

Table 3 Effects of plant growth regulators and Mn on grain yield and their yield constituents of winter wheat

处 理 Treatment		667m ² 穗数 Ears per 667m ²	穗粒数 Grains per ear	千粒重(g) 1000-grain weight	产量(kg/hm ²) Yield
主处理	N0	328297 b	32.8	37.4	3966.7 b
Main	N180	467397 a	33.2	37.9	5637.6 a
Treatment	F 值 F value	78.51 **	0.15	0.13	5746.39 **
	W	386679	32.2	37.1	4306.3 c
副处理	MET	392083	31.6	38.9	4800.6 abc
Sub	Mn	408134	33.3	36.8	4635.6 bc
Treatment	MET Mn	390000	35.0	36.8	4946.9 ab
	MET MnGb	412339	32.9	38.5	5321.1 a
	F 值 F value	0.51	0.76	1.17	4.51 **
主处理×副处理	Main×Sub	1.16	0.28	0.74	3.65 *

3 讨 论

倒伏是限制小麦产量和品质的重要因素。从本研究的结果可以看到施用多效唑可明显降低株高,增强小麦抗倒伏性,这与前人的研究结果相一致^[6]。

叶片是作物进行光合作用的场所,叶面积的大小直接影响光合效率的大小。进而影响光合产物累积量,最终影响作物产量。返青期多效唑处理叶面积小于对照,这与吕双庆等人^[19]的研究结果一致,但在拔节期和开花期多效唑处理对小麦叶面积的增加有促进作用。出现这种现象的可能原因有二:一是小麦前期纵向生长较横向生长快,而多效唑抑制纵向生长更为明显^[4,5,21];二是多效唑在小麦组织中的浓度随着小麦植株的增高而降低,低浓度的多效唑可促进小麦生长^[22]。所以,多效唑对小麦叶片生长的促进或抑制作用与其施用时期、生长阶段以及用量有关。而锰与多效唑结合后可显著促进叶面积增加。综合比较可以看出,生长调节剂与微量元素锰配合有降低小麦株高、增加叶面积的效果。

返青期 MnSO₄ 处理显著提高了叶片 SPAD 值,开花期 MnSO₄ 处理增加叶片 SPAD 值的效果也高于其他处理,说明采用 MnSO₄ 处理提高了叶片叶绿素含量。叶片中叶绿素含量与光合作用强度有着极其密切的关系;另外,锰还直接参与了光合作用中水的光解^[23]。因此,采用 MnSO₄ 浸种有利于光合作用的进行,为获得高产奠定基础。

多效唑处理对穗粒数的影响较清水对照有所减

少,这与吕双庆等人^[19]的研究结果一致。多效唑和多效唑+MnSO₄+甜菜碱处理增加了小麦千粒重,与黄胜东等人^[5]的研究结果一致。多效唑和 MnSO₄ 单独处理均增加了小麦单株分蘖数(表 1),而且增加幅度大于其它处理,但其单独施用对小麦单位面积穗数的增加幅度较施用配合施用其与甜菜碱配合的增加幅度小(表 3)。不同处理相比,多效唑+MnSO₄+甜菜碱处理的产量最高。说明化学调节剂与锰肥相结合具有增产效果,这与其促进冬小麦各产量构成因素的增加有关。

4 结 论

1) 施氮肥显著提高了小麦的籽粒产量,与不施氮相比小麦产量提高 1670.91 kg/hm²。不同化控处理小麦籽粒产量的高低顺序为多效唑+MnSO₄+甜菜碱>多效唑+MnSO₄>多效唑>MnSO₄>对照,其中多效唑+MnSO₄+甜菜碱处理和多效唑+MnSO₄ 处理较清水对照小麦产量分别提高了 1014.7 kg/hm² 和 640.5 kg/hm²,增产幅度达显著水平,表明植物生长调节剂与营养元素配合有明显的增产作用。

2) 使用植物生长调节剂及其与 MnSO₄ 配合不仅明显增加了小麦功能叶的面积,而且增加了叶片的 SPAD 值,其中多效唑+MnSO₄+甜菜碱处理的叶面积增加尤为突出,其次为多效唑+MnSO₄ 处理。叶片面积及叶绿素 SPAD 值的增加可能是使用生长调节剂与微量元素配合后小麦增产的主要原因。

3) 植物生长调节剂及其与微量元素配合各处理促进了小麦分蘖,增加小麦单株有效分蘖,其中以多效唑处理+ $MnSO_4$ +甜菜碱处理较为突出。多效唑处理及其组合降低了小麦品种的株高,有利于培育壮秆。

参考文献:

- [1] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993. 49—53.
- [2] 曹翠玲,胡 潇,宋红星,等. B^9 与多效唑提高早熟禾抗旱性生理机制的研究[J]. 草业科学,2004,21(1):78—82.
- [3] 宁淑香,邹 侠,马 杰. 多效唑处理对高粱植株抗旱能力的影响[J]. 辽宁师范大学学报,1999,22(4):323—326.
- [4] 鲍思敬,杨兆生,许红霞,等. 多效唑对小麦不同品种主要性状的效应研究[J]. 河南农业大学学报,1995,29(2):192—199.
- [5] 黄胜东,姚金保,姚国才,等. 多效唑拌种对小麦形态及增产效应探讨[J]. 江苏农业科学,2001,(2):16—18.
- [6] 董祖淦. 多效唑对小麦抗倒性及产量构成的影响[J]. 浙江农业学报,1992,(1):20—25.
- [7] 杨淑英,张建新,吕家珑,等. 外源甜菜碱对冬小麦抗旱性生理指标的影响研究[J]. 西北植物学报,2000,20(6):1041—1045.
- [8] 景蕊莲,吕小平,胡荣海,等. 外源甜菜碱对小麦幼苗抗旱性的影响[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(2):1—5.
- [9] 张建新,刘拉平,彭玉奎,等. 甜菜碱对小麦幼苗抗旱生理作用的研究[J]. 陕西农业科学,1997,(4):21—22.
- [10] 张立新,李生秀. 甜菜碱与植物抗旱/盐性研究进展[J]. 西北农业学报,2004,24(9):1765—1771.
- [11] 蔡仁祥,陈锦新,张国平. 氮肥运筹和烯效唑对小麦形态发育

- 和器官建成的影响[J]. 浙江农业学报,1998,10(1):18—22.
- [12] 李春喜,尚玉磊,姜丽娜,等. 不同植物生长调节剂对小麦衰老及产量构成的调节效应[J]. 西北植物学报,2001,21(5):931—936.
- [13] 尚玉磊,李春喜,姜丽娜,等. 生长调节剂对小麦旗叶衰老和产量性状的影响[J]. 麦类作物学报,2001,21(2):72—75.
- [14] 吴仁杰,张建华,杨建国. 小麦冬前喷施多效唑防倒增产效果好[J]. 中国农学通报,1996,12(6):38—39.
- [15] 于忠宪,林美盛,曲 芳. 单施和混喷多效唑等植物生长调节剂对红富士苹果抗寒性的影响[J]. 北方园艺,1998,21(3):57—59.
- [16] Guoping Z. Gibberellic acid³ modifies some growth and physiologic effects of paclobutrazol (PP333) [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1997, 16(1):21—25.
- [17] 刘 铮,等. 微量元素的农业化学[M]. 北京:农业出版社,1991. 173—180.
- [18] 陈美亿. 锌锰全面及其配合在冬小麦上的效应[J]. 土壤肥料,1996,32(3):30—33.
- [19] 吕双庆,李生秀. 多效唑对旱地小麦一些生理、生育特性及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(1):92—98.
- [20] 刘自华. 冬小麦春生叶面积校正系数及叶面积指数的研究[J]. 麦类作物学报,1997,17(1):42—44.
- [21] 李明军. 多效唑——一种优良的植物生长调节剂[J]. 植物学通报,1995,12(2):27—31.
- [22] 戴红燕,王安虎,华劲松,等. 植物生长调节剂浸种对苦荞麦幼苗的影响[J]. 种子,2006,25(9):24—29.
- [23] 赵满兴,周建斌,翟丙年,等. 叶绿素仪用于西北旱地冬小麦氮素营养诊断初探[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(增刊):92—98.

Effects of different combination of plant growth regulators and manganese sulfate on the growth and yields of winter wheat

TUO Xiu-li, ZHENG Xian-feng, ZHOU Jian-bin

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A field experiment was used to study the effects of plant growth regulators and manganese sulfate on the growth and development and grain yield of winter wheat. The result showed that the treatment of $MnSO_4$ and nitrogen fertilizer increased the number of tillers per plant, and the treatments with paclobutrazol addition decreased the height of winter wheat. The treatments of different combinations of the plant growth regulators and $MnSO_4$ nutrient increased the areas of leaf and the content of chlorophyll (SPAD value) in leaves, the effect of the treatment of PP^{333} (paclobutrazol) + $MnSO_4$ + Gb (glycine betaine) was more significant than other treatments. Compared to the treatment with water soaking treatment, the treatments of PP^{333} + $MnSO_4$ + Gb and PP^{333} + $MnSO_4$ also increased the grain yield of wheat by 1014.7 kg/hm^2 and 640.5 kg/hm^2 , respectively. It is concluded that the plant growth regulators and nutrients could improve the yield of winter wheat.

Keywords: winter wheat; plant growth regulator; nutrient; growth and development; grain yield