

# 有机无机肥料配合施用对冬小麦根系 和旗叶衰老的影响\*

姜 东<sup>†</sup> 于振文 许玉敏 余松烈

(山东农业大学农学系, 泰安 271018)

**摘 要** 采用土柱栽培试验方法研究了有机无机肥料配合施用对冬小麦根系和旗叶衰老的影响, 结果表明, 有机无机肥料配合施用, 有效地降低了根系和旗叶的膜脂过氧化作用, 提高了活性氧清除系统的超氧化物歧化酶的活性; 增强了根系活力, 提高根系干重特别是 40~100cm 土层的根系干重; 降低了旗叶光合速率的衰减率, 延缓了根系和旗叶的衰老, 提高了粒重、生物产量和经济系数, 增加了籽粒产量。

**关键词** 小麦, 有机无机肥料配合, 膜脂过氧化, 衰老, 粒重

**中图分类号** S143.6

近年来, 有机肥在作物生产中的重要作用已有较多深入研究, 这些多着重于有机肥或有机无机肥配合施用对土壤理化性状、土壤肥力、土壤养分平衡、提高化肥利用率及产量方面的研究<sup>[1~8]</sup>, 而有机无机肥配合施用对作物衰老影响的研究尚少见报道<sup>[9~11]</sup>。本试验研究了高产土壤条件下, 有机无机肥配合施用对小麦根系和叶片衰老的调控作用及其对粒重和产量的影响, 分析了有机肥与无机肥配合施用提高产量的生理原因, 为探讨更高产的施肥技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

试验于 1993~1995 年在山东农业大学实验农场进行。采用田间土柱栽培的方法, 用高产田土壤, 0~20cm 土层的有机质 11.59g/kg、全氮 1.03g/kg、碱解氮 82.55mg/kg、速效磷 19.83mg/kg、速效钾 94.3mg/kg。土柱的做法如下: 先将地表 0~30cm 土翻到一边, 然后将 30~100cm 土翻在另一边。用高 1m、直径 30cm 的铁皮筒作模, 将防渗膜、油毡纸包在外边订好, 抽出铁筒, 然后把圆筒直立放在挖好的坑中, 用挖出的 30~100cm 土填至圆筒 70cm 高处, 剩余 30cm 填入挖出的地表 0~30cm 土, 灌等量水沉实土柱。供试有机肥料为腐熟猪厩肥, N、P、K 化肥为硫酸铵、过磷酸钙和硫酸钾。作物为小麦: 鲁麦 14 和鲁 215953。试验设置 2 个处理, 1993~1994 年度处理 1: 有机无机肥料配合施用, 按常规高产田的施肥

\* 国家自然科学基金项目(39670431)资助

收稿日期: 1998-03-12; 收到修改稿日期: 1998-07-27

† 姜 东, 现为浙江大学博士后

量,有机肥 75000kg / hm<sup>2</sup>,硫酸铵 375kg / hm<sup>2</sup>,过磷酸钙 600kg / hm<sup>2</sup>,硫酸钾 225kg / hm<sup>2</sup>,做底肥施入 0~30cm 土层中,折合每个土柱用有机肥 5.30g,硫酸铵 2.65g,过磷酸钙 4.25g,硫酸钾 1.5g;处理 2(对照),单施无机肥处理,测定处理 1 有机肥中 N、P、K 含量(全 N 2.68g/kg,全 P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.38g / kg,全 K<sub>2</sub>O 2.06g / kg)折合成相应的无机肥用量,底肥中除了同处理 1 中的无机肥用量外,不施有机肥而将有机肥中的 N、P、K 养分折算成相应的无机肥施入,即单施无机肥处理每土柱共需硫酸铵 5.5g、过磷酸钙 6.75g、硫酸钾 2.5g。1994~1995 年度亦设置 2 个处理,即在上一年度的基础上,处理 2 除了测定补足处理 1 有机肥中的 N、P、K 元素含量之外,还测定了 Zn、Mn、Mo、Mg、Cu 等元素的含量,(全 N 2.94g/kg,全 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.13g/kg,全 K<sub>2</sub>O 2.75g/kg, Zn 29.31mg/kg, Mn 2815mg/kg, Mo 1.46mg/kg, Mg 1.27g/kg, Cu 15.55mg/kg)折算成无机肥量(硫酸锌、硫酸锰、钼酸铵、硫酸镁、硫酸铜),补于处理 2 中。两年度两处理均在拔节期追施硫酸铵 375kg/hm<sup>2</sup>,即 2.65g/土柱。两年度均为 10 月 6 日播种,每柱留苗 8 株,3 次重复,每重复 30 个土柱,随机区组排列。测定时将围土挖开,取出土柱,0~20cm 为上层,20~40cm 为中层,40~100cm 为下层。

测定方法:叶片叶绿素测定按 Arnon<sup>[12]</sup>方法;光合作用用美国产 LI-6200 型便携式光合测定系统测定;根系活力测定用 TTC 还原法<sup>[13]</sup>。丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性及可溶性蛋白的测定:1g 鲜样品剪碎加入 10ml 50mmol / L, pH 值为 7.0 的磷酸缓冲液,冰浴研磨,10000 × g 冷冻离心 10 分钟,上清液部分为酶粗提液,用于 MDA、SOD 及可溶性蛋白的测定。MDA 含量和 SOD 活性测定用 Dhindsa 的方法<sup>[14]</sup>,可溶性蛋白质含量用考马期亮兰法。N 素含量用半微量凯氏法,P、K、Zn、Mn、Mo、Mg、Cu 元素用日本产等离子体光谱仪(ICP)测定。两年度试验结果趋势一致。

## 2 结果与讨论

### 2.1 有机无机肥配合施用对小麦根系衰老的影响

2.1.1 根系活力 表 1 示出,开花后 7 天两品种的两处理之间上中下各层根对应层次根系活力大小差异不显著。此后,各层根系衰老,根系活力均降低,但处理 1 各层根根系活力下降幅度均小于处理 2,所以到开花后 16 天和 23 天时,处理 1 各层根的根系活力也高于处理 2。表明有机无机肥配合能延缓小麦根系活力的下降,以供给植株和籽粒灌浆充足的养分和其他物质。

2.1.2 SOD 活性和 MDA 含量 超氧化物歧化酶(SOD)是生物防御活性氧伤害的重要保护酶之一。根系 SOD 活性(表 2)在开花后 7 天时,鲁麦 14 两处理相应各层次根间处理 1 的 SOD 活性显著高于处理 2,鲁 215953 品种,仅下层根处理 1 的 SOD 活性高于处理 2;到开花后 16 天时,两品种的两处理相应各层次根间的 SOD 活性均为处理 1 高于处理 2,特别是中层根和下层根的差异更为显著;开花后 23 天时,各层根 SOD 活性下降,两品种的两处理上层根差异较小,而处理 1 中下层根 SOD 活性明显高于处理 2,说明有机无机肥配合施用能有效地延迟根系特别是中下层根系中后期活性氧清除能力的下降,也表明了中下层根在延迟根系衰老中的作用大于上层根。从表 2 还可以看出,在各时期,膜脂过氧化产物之一 MDA 的含量处理 2 均高于处理 1,说明处理 1 显著降低根系膜脂过氧化作用,延迟了根系的衰老。

2.1.3 根干重 有机无机肥配合施用能提高小麦后期各层根的干重和总干重(表 3)。鲁 215953 处理 1 各层根干重分别比处理 2 的高 28.90%、6.06% 和 34.38%,鲁麦 14 处理 1 分

表1 不同处理对小麦根系活力[ $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ]的影响Table 1 The effect of different treatments on root vigour [ $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ] in wheat

品种 Cultivar	处理 Treatment	根层次 Root layer	开花后天数(月/日) Days after anthesis (month/day)		
			7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)
			鲁215953	1	上层根
		中层根	269.7±3.6	171.3±3.0	90.7±9.8
		下层根	286.2±14.9	167.9±2.0	81.8±6.0
	2	上层根	408.2±3.0	225.7±19.4	127.1±19.8
		中层根	262.6±3.3	134.8±4.9	65.0±8.9
		下层根	224.9±5.9	99.8±1.0	42.2±2.0
鲁麦14	1	上层根	271.5±2.9	181.9±2.1	127.6±3.4
		中层根	136.1±1.9	117.3±14.0	69.6±1.8
		下层根	144.1±12.9	119.2±9.1	52.8±2.4
	2	上层根	267.3±1.0	174.1±1.0	123.6±1.0
		中层根	126.3±4.2	82.7±3.6	53.1±4.0
		下层根	120.1±4.0	108.9±9.7	47.2±2.0

表2 不同处理对小麦根系SOD活性和MDA含量的影响

Table 2 The effect of different treatments on SOD activity and MDA content in wheat root

品种 Cultivar	处理 Treatment	根层次 Root layer	SOD (units/g)			MDA( $\times 10^{-9}$ mol/g)		
			开花后天数(月/日) DAA* (month/day)			开花后天数(月/日) DAA (month/day)		
			7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)	7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)
鲁215953	1	上层根	160.2±25.2	216.5±15.1	88.4±4.1	3.48±0.02	2.49±0.20	3.70±0.19
		中层根	157.8±13.2	263.7±6.3	106.2±3.9	3.23±0.26	2.84±0.34	3.00±0.13
		下层根	129.5±22.9	205.7±1.0	158.2±13.1	4.46±0.28	2.58±0.18	2.85±0.28
	2	上层根	210.4±21.5	187.9±11.2	78.8±9.1	6.45±0.18	3.31±0.65	4.70±0.18
		中层根	184.5±4.6	117.2±3.7	90.6±6.7	6.68±0.01	1.77±0.20	4.18±0.17
		下层根	106.8±23.1	193.2±5.6	124.7±14.1	5.07±0.20	1.25±0.20	3.61±0.01
鲁麦14	1	上层根	228.2±16.1	233.3±13.2	60.7±4.0	1.81±0.26	1.68±0.18	2.09±0
		中层根	226.6±17.4	224.3±9.6	128.4±6.9	3.42±0.35	4.77±0.03	2.97±0.48
		下层根	133.7±9.2	237.5±14.1	186.3±15.4	1.75±0.28	2.84±0.25	3.68±0.09
	2	上层根	219.2±10.3	201.6±11.5	53.0±4.9	5.81±0.18	1.94±0.13	5.42±0.65
		中层根	179.7±6.8	162.3±4.4	106.5±4.4	4.30±0.20	1.55±0.15	5.63±0.08
		下层根	102.0±11.4	120.4±0	119.4±15.1	6.19±0.15	1.42±0.15	5.23±0.08

\*DAA=Days after anthesis

别比处理 2 的高 2.29%、16.52% 和 27.34%，说明有机无机肥配合显著提高了各层、特别是下层根干重，这对于延缓根系和叶片衰老，提高小麦生育后期的光合速率起重要作用。处理 1 较高的根干重是通过提高生育前期根系生长量，还是延迟生育后期根系的衰老所致，还需进一步研究。

表3 不同处理对小麦根干重的影响

Table 3 The effect of different treatments on weight of dry matter in wheat root

品种	处理	根层次	干重(g)	占总根重百分数(%)	总根重(g/盆)
Cultivar	Treatment	Root layer	Wt. of dry matter(g)	Percentage of total weight of dry root(%)	Total dry matter weight of root (g/pot)
鲁215953	1	上层根	15.03	65.38	22.99
		中层根	2.80	12.18	
		下层根	5.16	22.44	
	2	上层根	11.66	64.28	18.14
		中层根	2.64	14.55	
		下层根	3.84	21.17	
鲁麦14	1	上层根	9.40	65.19	14.42
		中层根	1.34	9.29	
		下层根	3.68	25.52	
	2	上层根	9.19	69.46	13.23
		中层根	1.15	8.69	
		下层根	2.89	21.85	

注:灌浆后期测定。

## 2.2 有机无机肥配合施用对小麦旗叶衰老的影响

2.2.1 光合作用 从图1可以看出,小麦旗叶的光合速率(Pn)在抽穗期(开花前7天)后即开始下降,开花后11天下降速度更快,但在各个时期,单施无机肥的处理旗叶的光合速率均低于有机无机肥配合施用的处理,还可以看出两品种相对应处理的光合速率均以鲁215953的较高。

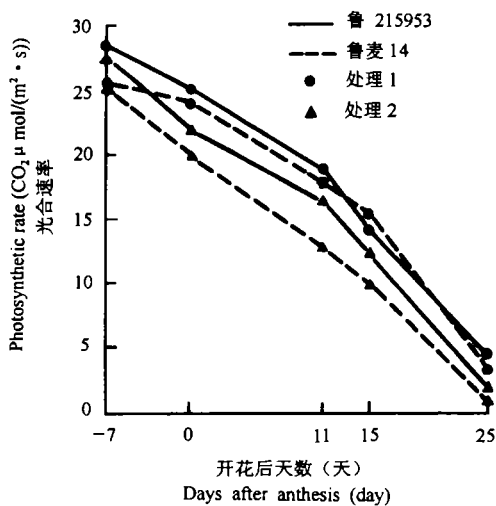


图1 不同处理对小麦旗叶光合速率的影响

Fig.1 The effect of different treatments on photosynthetic rate in wheat flag leaf

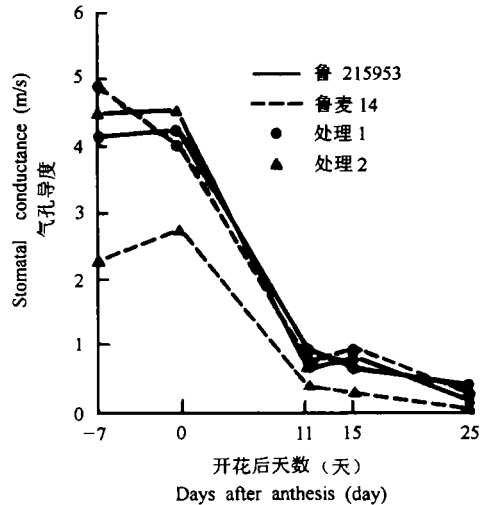


图2 不同处理对小麦旗叶气孔导度的影响

Fig.2 The effect of different treatments on stomatal conductance in wheat flag leaf

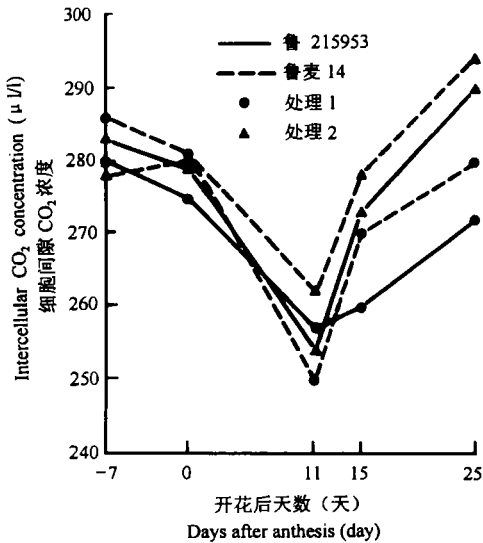


图3 不同处理对小麦旗叶细胞间隙CO<sub>2</sub>浓度的影响

Fig.3 The effect of different treatments on intercellular CO<sub>2</sub> concentration in wheat flag leaf

气孔导度(Gs)从抽穗至开花期比较稳定,在开花后开始急剧下降,两处理间比较,处理2显著低于处理1,两品种间的趋势一致,与光合速率值相同亦以鲁215953的为高(图2)。

细胞间隙CO<sub>2</sub>浓度(Ci)的变化规律为:在开花后开始下降,至开花后11天达到最低值(图3),而此时正是Pn与Gs急剧下降的时间(图1、2),说明这一阶段限制光合作用的主要因素是气孔因素。至开花后11天以后,Ci开始上升,Gs的下降速率也较缓,但光合速率持续下降,说明此期光合速率下降除了气孔因素的作用外,还与非气孔因素的作用有关,亦表明开花后11天以后旗叶的衰老加剧。比较不同处理间的差异,两品种处理2的Ci高于处理1,而光合速率均是处理1的高于处理2,表明处理1的CO<sub>2</sub>同化能力高于处理2。综上所述,有机无机肥配合施用与单施无机肥相比,前者更有利于提高叶片的光合能力,延迟光合速率的下降,延缓衰老。

2.2.2 叶绿素含量 从表4可以看出,在开花后7天,鲁215953品种的旗叶和倒二叶叶绿素含量均为处理2的高于处理1,鲁麦14旗叶叶绿素含量处理间无显著差异,倒二叶的为处理1高于处理2。开花后23天时,两品种处理1旗叶和倒二叶的叶绿素含量均高于处理2。说明单施无机肥能提高灌浆前期叶片叶绿素含量,但随着叶片的衰老,叶绿素含量降低率高;有机无机肥配合施用的处理虽然在前期叶绿素含量低,但由于能较好地延缓衰老,在灌浆中后期叶绿素含量较高,有利于延长光合速率高值期。

2.2.3 SOD活性和MDA含量 从表5可以看出,鲁215953在开花后7天(灌浆初期)和16天(灌浆中期),旗叶和倒二叶的SOD活性处理间差异不显著,开花后23天(灌浆中后期)处理1的显著高于处理2,鲁麦14号在开花后7、16和23天两叶片的SOD活性均为处理1的高于处理2。说明有机无机肥配合能延缓灌浆期叶片活性氧清除能力的下降,有利于延缓衰老。还可以看出,品种间比较,鲁215953抗衰老的能力高于鲁麦14。表5还示出,开花后7天,两品种处理2旗叶和倒二叶的MDA含量与处理1差异不显著,随叶片衰老,两处理叶片的MDA含量增高,但处理2的MDA含量和上升速率均显著高于处理1,表明有机无机肥配合施用能有效地降低膜脂过氧化作用,延缓衰老。

2.2.4 可溶性蛋白质含量 表6表明,鲁215953旗叶和倒二叶可溶性蛋白质含量两处理在开花后7天为处理2高于处理1,到开花后16天和23天时,处理1可溶性蛋白含量显著高于处理2,而鲁麦14可溶性蛋白含量在开花后7天时旗叶的为处理2高于处理1,倒二叶为处理间无显著差异,到开花后16天和23天,处理1的显著高于处理2,说明有机无机肥配合施用能有效地延缓小麦生育后期蛋白质的降解,延迟衰老。

表4 不同处理对小麦旗叶和倒二叶叶绿素含量(mg/g)的影响

Table 4 The effect of different treatments on chlorophyll content (mg/g) in wheat flag leaf and penult leaf

品种	器官	处理	开花后天数(月/日) Days after anthesis (month/day)								
			7(5/14)			16(5/23)			23(5/30)		
Cultivar	Organ	Treat-	chla	chl b	Chl(a+b)	chla	chl b	Chl(a+b)	chla	chl b	Chl(a+b)
鲁215953	旗叶	1	3.17±0.07	0.97±0.02	4.14±0.07	2.12±0.07	0.68±0.02	2.80±0.09	1.28±0.03	0.42±0.01	1.75±0.03
		2	3.66±0.06	1.11±0.02	4.71±0.09	2.05±0.07	0.67±0.07	2.72±0.12	0.87±0.02	0.40±0.01	1.22±0.01
鲁麦14	旗叶	1	3.79±0.01	1.27±0.06	4.99±0.04	2.81±0.11	0.90±0.04	3.70±0.15	1.21±0.08	0.38±0.01	1.54±0.04
		2	3.86±0.05	1.22±0.01	5.11±0.06	2.47±0.05	0.81±0.03	3.10±0.25	1.09±0.03	0.36±0.01	1.45±0.04
鲁215953	倒二叶	1	2.96±0.07	0.94±0.04	3.90±0.10	1.92±0.00	0.66±0.01	2.58±0.01	0.99±0.08	0.38±0.02	1.37±0.11
		2	3.45±0.04	1.13±0.03	4.57±0.07	1.93±0.05	0.60±0.01	2.55±0.13	0.71±0.07	0.21±0.03	0.92±0.01
鲁麦14	倒二叶	1	3.22±0.08	1.17±0.02	4.39±0.06	2.63±0.09	0.90±0.06	2.94±0.06	0.69±0.01	0.22±0.01	0.91±0.23
		2	2.74±0.09	0.94±0.01	3.77±0.06	1.17±0.01	0.57±0.02	2.80±0.03	—	—	—

注:开花后23天时鲁麦14倒二叶已枯萎,表5、表6同。

表5 不同处理对小麦旗叶和倒二叶SOD活性(units/g)和MDA含量( $\times 10^{-9}$  mol/g)的影响Table 5 The effect of different treatments on SOD activity (units/g) and MDA content ( $\times 10^{-9}$  mol/g) in wheat flag leaf and penult leaf

品种	器官	处理	SOD活性 SOD activity			MDA含量 MDA content		
			开花后天数(月/日) DAA (month/day)			开花后天数(月/日) DAA (month/day)		
			7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)	7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)
鲁215953	旗叶	1	755.1±22.3	559.1±15.1	141.1±2.7	17.55±0.26	20.84±0.09	35.42±0.27
		2	755.7±20.6	527.8±18.4	110.0±13.5	17.42±0.01	35.23±0.65	42.25±1.16
鲁麦14	旗叶	1	741.9±27.4	533.5±9.1	108.4±13.1	16.47±0.32	22.52±0.09	34.26±0.16
		2	707.1±2.3	435.2±3.9	78.4±2.1	14.52±0.28	32.51±1.77	35.68±0.09
鲁215953	倒二叶	1	723.3±25.3	527.8±16.0	138.8±4.9	13.68±0.38	22.84±1.23	31.49±0.36
		2	682.9±13.8	533.8±17.1	78.6±10.4	9.76±0.58	31.26±0.84	46.28±0.97
鲁麦14	倒二叶	1	658.6±28.7	484.6±23.3	97.6±17.4	12.17±0.45	27.94±0.28	39.16±1.19
		2	618.1±12.4	406.1±3.7	—	11.55±0.09	32.56±0.46	—

DAA=Days after anthesis

表6 不同处理对小麦旗叶和倒二叶可溶性蛋白含量(mg/g)的影响

Table 6 The effect of different treatments on soluble protein content (mg/g) in wheat flag leaf and penult leaf

品种	器官	处理	开花后天数(月/日)		
			Days after anthesis (month/day)		
			7(5/14)	16(5/23)	23(5/30)
鲁215953	旗叶	1	30.57±0.55	24.20±1.18	14.00±0.40
		2	32.90±0.01	23.30±0.28	6.20±0.20
鲁麦14	旗叶	1	30.00±1.25	30.90±0.75	10.50±0.61
		2	35.70±0.50	22.35±0.21	8.80±0.07
鲁215953	倒二叶	1	17.40±0.72	20.37±0.21	12.30±0.14
		2	18.93±1.61	17.70±0.21	3.70±0.44
鲁麦14	倒二叶	1	20.65±0.49	22.70±0.72	4.30±0.14
		2	19.50±2.10	16.27±1.07	—

## 2.3 有机无机肥配合施用对小麦产量性状的影响

表7 不同处理对小麦产量构成因素和产量的影响

Table 7 The effect of different treatments on yield components and yield

品种 Cultivar	处理 Treatment	穗数(穗/柱) Ear number per column	穗粒数 Kernel number per ear	千粒重(g) 1000 kernel weight (g)	生物产量(g) Biological yield (g)	经济产量(g) Economical yield (g)	经济系数 Economical index
鲁215953	1	43.70	30.87	51.23**	148.96**	64.27**	0.43
	2	42.90	31.02	49.87	134.28	56.54	0.42
鲁麦14	1	41.70	38.93	44.36**	143.20**	63.06**	0.44
	2	41.20	38.53	41.30	129.82	53.38	0.41

\*\* 示差异显著性达0.01水平。

从表7可以看出,两品种处理间穗数和穗粒数无显著差异,但由于处理1延缓了植株后期衰老,因而显著提高了千粒重,提高了产量,还可看出,处理1的生物产量高,经济系数亦较高,说明有机无机肥配合施用对千粒重和经济产量的提高,是通过促进灌浆中后期根系的吸收,延缓植株衰老,提高生物产量并促进光合产物向籽粒中的转运而实现的。本试验的研究结果表明,在土壤肥力较高、无机肥料供应充足的条件下,重视积造与施用有机肥仍是提高小麦产量的重要栽培技术,在干热风严重、小麦生育后期易早衰的地区,更应高度重视这一措施。另外,试验结果示出,鲁215953品种在开花后7天处理间无显著差异。开花后16天才开始出现显著差异,而鲁麦14在开花后7天即表现出显著差异,说明有机无机肥配合施用延缓小麦衰老的作用效果因品种而异。本研究1993—1994年度试验的处理2补足了处理1有机肥中的N、P、K元素,1994—1995年度试验的处理2补足了处理1有机肥中的N、P、K、Zn、Mn、Mo、Fe、Cu元素,但两年的试验结果趋势完全一致,说明有机无机肥相结合处理延缓小麦衰老的原因不是这些元素缺乏所致,因此,其延缓小麦衰老的机理及不同衰老类型品种适宜的有机肥和无机肥,以及不同种类无机肥的配比有待于进一步研究。

## 参 考 文 献

1. 宋光煜,赵红霞. 有机肥对水稻土根层生态的效应. 土壤学报, 1993, 30(2): 131~136
2. 朱红霞,姚贤良. 有机肥料在稻作制中的物理作用. 土壤学报, 1993, 30(2): 137~145
3. 周广业,阎龙翔. 长期施用不同肥料对土壤磷素形态转化的影响. 土壤学报, 1993, 30(4): 443~446
4. 蒋仁成,厉志华,李德民. 有机肥和无机肥在提高黄潮土肥力中的作用研究. 土壤学报, 1990, 27(2): 179~185
5. 杨秀华,黄玉俊. 不同培肥措施黄潮土肥力变化定位研究. 土壤学报, 1990, 27(2): 186~193
6. 赵晓齐,鲁如坤. 有机肥对土壤磷素吸附的影响. 土壤学报, 1991, 28(1): 7~13
7. 沈其荣,余玲,刘兆普. 有机无机肥料配合施用对滨海盐土土壤生物量态氮及土壤供氮特征的影响. 土壤学报, 1993, 31(3): 287~294
8. 同延长,高宗,刘杏兰等. 有机肥及化肥对糞土中微量元素平衡的影响. 土壤学报, 1995, 32(3): 315~320
9. 杨玉爱,叶正钱,陈峰等. 有机肥料延缓日本黄瓜早衰作用的研究. 土壤学报, 1992, 29(4): 447~450
10. 于振文,岳寿松,沈成国等. 不同密度对冬小麦开花后叶片衰老和粒重的影响. 作物学报, 1995, 21(4): 412~418
11. 田蕴德. 有机肥与氮磷化肥配施对豌豆长势及根腐病的影响. 中国农业科学, 1994, 27(3): 56~62
12. Aron D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiol.,

1949,24(1):1~5

13. 山东农学院等主编. 植物生物学实验指导. 济南:山东科学技术出版社. 1980

14. Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. J. Exp. Bot., 1981,32(126),93~101

## EFFECTS OF COMBINED APPLICATION OF ORGANIC MANURE AND FERTILIZERS ON SENESCENCES OF ROOT AND FLAG LEAF IN WINTER WHEAT

Jiang Dong Yu Zhen-wen Xu Yu-min Yu Song-lie

(Department of Agronomy, Shandong Agricultural University; Taian 271018)

### Summary

The effects of combined application of organic manure and fertilizers on senescences of root and flag leaf in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) were studied through experiment with soil column culture. The results showed that the combined application of organic manure and fertilizers resulted in a decrease of lipid peroxidation and an increase of superoxide dismutase (SOD) activity in root and flag leaf after anthesis, increased the root vigour and dry root weight especially in 40~100cm soil layer, reduced the decline rate of photosynthetic rate of flag leaf, delayed the senescences of root and flag leaf, increased the grain weight, biomass, economic index and grain yield.

**Key words** Wheat, Organic manure, Fertilizers, Lipid peroxidation, Senescence, Grain weight