

## 施用腐植酸复合肥对小麦抗旱防衰能力的影响及其机理\*

薛世川

(河北农业大学资源与环境学院 保定 071001)

刘秀芬

邓景华

(廊坊师范学院 廊坊 102800) (保定市委农工部 保定 071000)

**摘要** 试验研究施用腐植酸复合肥对小麦抗旱、防衰能力的影响结果表明,腐植酸浓度为 25~50mg/L 时对小麦根系伸展与活力的促进作用最强,根内超氧化物歧化酶、过氧化物酶和硝酸还原酶活性最高,麦苗长势最佳且生物量最大。土培条件下腐植酸复合肥比等养分量化肥更显著提高小麦体内超氧化物歧化酶活性与脯氨酸含量,降低质膜透性,有效提高小麦抗旱与防衰能力,增加干物质质量累积。施肥量与各生理指标间呈二次曲线相关,峰值施肥量为 2.9~4.3g/盆。

**关键词** 腐植酸复合肥 小麦 抗旱防衰机理

Effect and mechanism of humic acid compound fertilizer on the drought- and senility- resistant ability of wheat . XUE Shi-Chuan ( College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China), LIU Xiu-Fen (Langfang Normal College, Langfang 102800, China), DENG Jing-Hua (Rural Work Department of Baoding, Baoding 071000, China), *CJEA*, 2006, 14(1): 139~141

**Abstract** The effect of humic acid compound fertilizer on the drought- and senility- resistant ability of wheat was studied . The results show that the promotive effect of humic acid on the root activity and extension of wheat is the strongest when the humic acid concentration is 25~50mg/L . In the meantime, the activities of SOD, POD and NR are the highest, the wheat is growing best and the accumulated biomass is the highest . The experiment of soil culture shows that the activity of SOD and the content of proline in wheat are significantly improved and the relative permeability of plasma membrane of wheat is reduced by comparing the application of humic acid compound fertilizer with that of equal nutrients chemical fertilizer . All these are beneficial to promoting the drought- and senility- resistant ability of wheat and increasing the accumulation of dry matter . The relationship between fertilizer rate and above-mentioned physiological item is described with quadratic curve regression model . The highest fertilizer rate is 2.9~4.3g/pot .

**Key words** Humic acid compound fertilizer, Wheat, Mechanism of drought- and senility- resistant  
(Received Sept . 30, 2004; revised Oct . 31, 2004)

### 1 试验材料与方法

水培试验在小型人工光照室内进行,自动定时补气,昼夜温度分别保持在 25~30℃、15~20℃,光照 14h/d,光照强度为 220 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ,相对湿度为 65%~75%。供试小麦品种为“河农 859”,种子精选、双氧水消毒、洗净后,于 28℃ 恒温催芽培养 2d,露白的种子在石英砂中培养 5d 后移苗定植进行溶液培养(营养液是在完全营养液基础上添加不同浓度腐植酸组成,腐植酸由新疆哈密腐植酸厂提供),腐植酸浓度设 0mg/L、25mg/L、50mg/L、100mg/L 和 150mg/L 5 个处理,重复 6 次。营养液体积为 2L,每盆定植 11 株,7d 更换 1 次营养液。培养 7d 后,取 3 个重复添加 3% 的聚乙二醇(PEG, -0.09MPa)模拟水分胁迫;另 3 个重复未加聚乙二醇,保持正常水分继续培养 7d。

土培试验在河北农业大学网室进行(采用 25cm $\times$ 30cm 瓦氏盆),供试小麦品种为“河农 215”,腐植酸复合肥由云南凤鸣腐植酸复合肥厂生产,其中腐植酸含量为 12%,N P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O=10 10 5。供试土壤为潮褐土,土壤有机质为 8.5g/kg,全 N 0.8g/kg,速效氮 21.61mg/kg,速效磷 12.1mg/kg,速效钾 126.7mg/kg。试

\*“九五”国家重中之重推广项目“腐植酸复合肥的推广应用”(96110103A)资助

收稿日期:2004-09-30 改回日期:2004-10-31

验设水分处理(分为水分胁迫与正常水分 2 组)和施肥量处理,正常水分组土壤湿度保持田间有效持水量的 70%,水分胁迫组于拔节期和挑旗期进行水分胁迫,其土壤湿度控制在田间有效持水量的 40%,其他生育时期正常供水,每 7d 称重调节水分含量。施肥设未施肥( )、施腐植酸 1.00g/盆( )、腐植酸复合肥 1.45g/盆( )、腐植酸复合肥 2.90g/盆( )、腐植酸复合肥 4.35g/盆( )、腐植酸复合肥 5.80g/盆( )、无机复合肥 1.45g/盆( )、无机复合肥 2.90g/盆( )、无机复合肥 4.35g/盆( )和无机复合肥 5.80g/盆( )10 个处理,其中处理 中数字为腐植酸用量,其他处理中数字为每盆 N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O 投入量。将肥料与土壤充分混匀后装盆播种,重复 3 次,随机区组排列,定期调换盆钵位置。采用交叉截取法<sup>[2]</sup>测定根长[根总长  $L(\text{cm}) = \text{长度转换系数} \times \text{交叉点数}$ ]。1cm、2cm 和 5cm 的方格其系数分别为 0.786cm、1.571cm 和 3.930cm。根半径计算式为根半径( $R = (FW/L)^{-1/2}$ )。根表面积计算式为根表面积( $S = 2RL$ )。以 TTC 法<sup>[1]</sup>测定根系活力,用比色法测定硝酸还原酶(NR)活性<sup>[1]</sup>,按 Glanopltis (1977) 介绍方法比色测定<sup>[3]</sup>超氧化物歧化酶(SOD)活性,用愈创木酚法比色测定<sup>[2]</sup>过氧化物酶(POD)活性,用 BAU 便携式光合测定仪测定光合强度,按参考文献[4]方法测定膜透性及电导率。

## 2 结果与分析

腐植酸对水培小麦根系形态与活力及根内关键酶活性的影响。表 1 表明完全营养液中添加适宜浓度腐植酸能显著促进小麦根系伸长,增加根量与根系活性,而对根半径影响较小。小麦根长、根干物质质量及根表面积与腐植酸浓度呈二次曲线相关,其适宜浓度为 25 ~ 50mg/L,腐植酸浓度 > 50mg/L 时均对小麦根系及

表 1 腐植酸对小麦根系形态与活力的影响

Tab.1 Effect of HA on root morphology and activity of wheat

腐植酸浓度/ mg·L <sup>-1</sup> Humic acid concentration	根长/cm Root length		根半径/mm Root radius		根系活力*/ μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> Root activity		根表面积/cm <sup>2</sup> Root surface area		根干物质质量/ g·盆 <sup>-1</sup> Root dry-weight	
	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water
0	965c	628b	0.408a	0.472a	13.7c	45.8c	247c	186e	0.19b	0.20b
25	1487a	935a	0.357b	0.440a	27.4b	161.0a	333a	258a	0.29a	0.29a
50	1264b	866a	0.367b	0.450a	34.6b	141.7b	291b	243b	0.28a	0.28a
100	998c	682b	0.418a	0.478a	39.6b	135.4b	262bc	205c	0.24ab	0.26ab
150	918d	677b	0.419a	0.461a	47.0a	131.1b	242c	193d	0.22b	0.23ab

\* 为鲜物质量,下同。

表 2 腐植酸对小麦鲜根内关键酶活性的影响

Tab.2 Effect of HA on activities of NR,SOD and POD in root of wheat

腐植酸浓度/ mg·L <sup>-1</sup> HA concentration	硝酸还原酶 μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> NR activity		超氧化物歧化酶 unit·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> SOD activity		过氧化物酶 OD <sub>470nm</sub> ·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> POD activity	
	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water	正常供水 Normal water	水分胁迫 Stress water
	0	45.36c	35.70b	59.28a	62.80b	271.00b
25	49.97c	36.38b	66.08a	72.24a	287.70b	242.00c
50	50.49c	39.43b	68.88a	72.56a	297.70a	272.30b
100	55.43b	45.84a	67.28a	64.40b	269.00b	296.00a
150	66.46a	35.01b	65.40a	59.04b	257.00c	250.00b

茎叶生长表现明显抑制作用。而添加聚乙二醇可降低水势,小麦根系显著增粗变短,根表面积显著降低,对根干物质质量与生物量影响较小,对根系活力影响较大,其测定值比正常供水处理高 3 ~ 5 倍,这说明作物突遇干旱胁迫时必须通过增加根系活力满足其生理需水,因此可把根系活力作为小麦抗旱能力指标加以研究利用。水培试验结果表明(见表 2),腐植酸能有效提高小麦根内硝酸还原酶、超氧化物歧化酶及过氧化物酶活性,正常供水小麦根内硝酸还原酶活性与腐植酸浓度呈显著正相关( $r = 0.97$ ),超氧化物歧化酶、过氧化物酶与腐植酸浓度呈二次曲线相关,峰值浓度为 50mg/L,而 > 100mg/L 时开始降低。添加聚乙二醇后则降低水势,硝酸还原酶与过氧化物酶活性降低,而超氧化物歧化酶活性在腐植酸浓度 50mg/L 时其活性增强。总变化趋势三者与腐植酸浓度均呈二次曲线相关,其适宜浓度为 50mg/L 左右。

腐植酸复合肥对小麦体内超氧化物歧化酶活性及质膜透性的影响。表 3 表明土培条件下相同养分投入量时腐植酸复合肥与无机肥相比,前者显著增强小麦体内超氧化物歧化酶活性和降低细胞质膜透性,超氧

化物歧化酶活性与细胞质膜透性呈显著负相关 ( $R = -0.5452^*$ ), 与腐植酸复合肥用量呈二次曲线相关 ( $R = 0.76$ ), 但相关性不显著。与对照相比, 施用 2 种形态肥料均显著提高小麦体内超氧化物歧化酶活性且降低细胞质膜透性, 但各施肥量间差异不显著。干旱胁迫对小麦体内超氧化物歧化酶活性影响较小, 但对细胞质膜透性影响较大, 尤对化肥处理的影响最大, 而对腐植酸复合肥处理的影响则相对较小, 说明干旱胁迫对小麦细胞质膜的完整性有较强破坏作用, 而腐植酸则有维护、修复或减轻对细胞质膜伤害的作用。

表 3 腐植酸复合肥对小麦体内超氧化物歧化酶活性及细胞质膜透性的影响

Tab.3 Effect of HA compound fertilizer on activity of SOD and permeability of plasma membrane of wheat

养分投入量/ g·盆 <sup>-1</sup> Nutrients rate	超氧化物歧化酶*/unit·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> SOD activity				细胞质膜透性/% Permeability of plasma membrane			
	正常供水 Normal water		水分胁迫 Stress water		正常供水 Normal water		水分胁迫 Stress water	
	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer
0	24.3d	24.3d	26.2d	26.1d	6.7a	6.7a	9.7a	9.7a
1.45	30.1c	42.4a	35.0b	37.1b	4.5b	3.5bc	10.4a	6.2b
2.90	35.1b	37.9b	33.3c	42.1a	5.1b	4.0b	9.3a	5.5b
4.35	34.7b	36.5b	32.8c	35.2b	5.5b	3.6bc	6.4b	4.7bc
5.80	38.0b	42.5a	32.2c	35.4b	5.2b	4.4b	5.4b	6.0b

腐植酸复合肥对小麦体内脯氨酸含量及生物产量的影响。植物体内脯氨酸含量是表征植物抗旱能力的重要指标。图 1 表明土培正常供水化肥处理比腐植酸复合肥处理其小麦体内脯氨酸含量略高, 但差异不显著 ( $t = 0.77$ ), 且脯氨酸含量与 2 种肥料用量均呈二次曲线相关。干旱胁迫 2 种肥料处理小麦体内脯氨酸含量均急剧升高, 比正常供水平均高 16.1 倍, 且腐植酸复合肥处理比化肥处理脯

表 4 腐植酸复合肥对小麦生物产量的影响

Tab.4 Effect of HA on biological yield of wheat

养分投入量 g·盆 <sup>-1</sup> Nutrients rate	生物产量/g·盆 <sup>-1</sup> Biological yield			
	正常供水 Normal water		水分胁迫 Stress water	
	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer	化 肥 Inorganic fertilizer	腐植酸复合肥 HA fertilizer
0	49.1h	49.1h	42.8f	42.8f
1.45	89.0e	108.8d	62.2d	77.0bc
2.90	118.4c	119.8bc	77.6bc	81.3b
4.35	125.6ab	129.6a	83.2ab	88.3a
5.80	113.3c	117.8bc	73.8bc	75.3bc

线相关, 最高生物产量的养分投入量为 4.35g/盆, 表明过量施肥造成浪费, 且降低产量。

### 3 小 结

本研究表明干旱胁迫对小麦根系伸长生长不利, 适宜腐植酸复合肥用量可缓解此不良影响, 从而提高作物抗旱能力, 并显著提高小麦体内脯氨酸含量和生物产量。完全营养液中加入 25~50mg/L 腐植酸可促进小麦根系伸长、根量增加, 根表面积扩大且提高根系活力。完全营养液或肥料中添加适量腐植酸类物质均可提高小麦根内和叶片内硝酸还原酶、超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性, 降低细胞质膜透性。

### 参 考 文 献

- 1 西北农业大学植物生理生化教研室 植物生理学实验指导 西安: 陕西科学技术出版社, 1986
- 2 Tennant D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol., 1975, 63: 995~1001
- 3 Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase. purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedlings. Plant Physiol., 1977, 59: 315~318
- 4 Shanahan J.F. Membrane thermostability and heat tolerance of spring wheat. Crop Sci., 1990, 30(20): 247~251

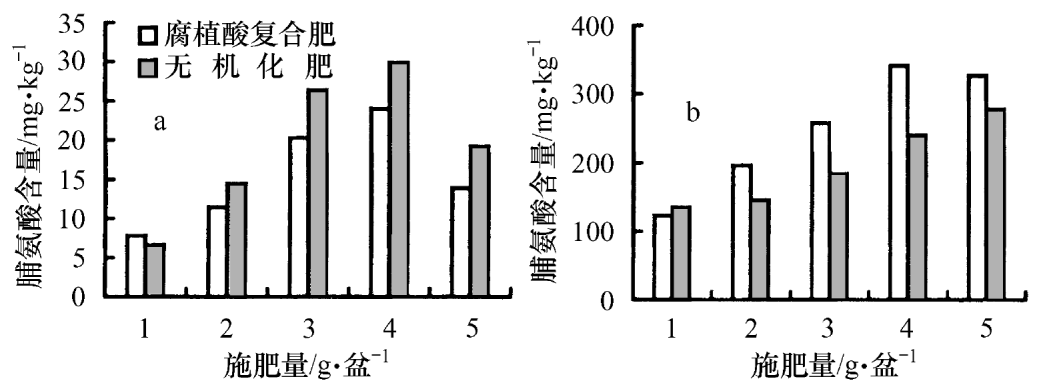


图 1 正常供水(a)与水分胁迫(b)施肥对小麦体内脯氨酸含量的影响

Fig.1 Effect of fertilizing on pro contain of wheat in the different humidity conditions

氨酸含量平均提高 26.8%, 其峰值脯氨酸含量提高 42%, 表明合理施肥有利于提高作物抗旱能力, 且腐植酸复合肥处理比化肥处理提高小麦抗旱能力的效应更佳, 这与水培试验结果及生产中作物所表现的抗旱效果有很好一致性。表 4 表明与化肥处理相比, 正常供水和水分胁迫腐植酸复合肥处理均显著提高小麦生物产量, 这说明腐植酸可促进光合产物的合成与积累。但小麦生物产量与施肥量呈二次曲