72-77

第28卷 第6期
2000年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Borcali-occidentalisVol. 28 No. 6
Dec. 2000

[文章编号]1000-2782(2000)06-0072-06

环境因素对小麦苗期 SOD、MDA 及可溶性蛋白的影响

王保莉¹, 杨春², 曲东²

(1 西北农林科技大学 生命科学学院; 2 资源环境学院, 陕西 杨陵 西农校区 712100)

[摘要] 采用盆栽试验, 模拟干旱胁迫、铜污染(三级农田)及不同施肥状况, 测定了小麦苗期的生物量及叶片中的 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量。结果表明, 水分、铜污染和施肥三因素对小麦苗期的生物量都有显著影响, 表现为水分 > 施肥 > 铜污染, 水分对 MDA 含量的影响大于铜污染和施肥, 表现为干旱可显著增大叶片 MDA 含量, 并使 MDA/SOD 值增大; 对 SOD 和可溶性蛋白、水分和铜污染的影响大于施肥的影响, 表现为干旱胁迫下, SOD 活性升高, 可溶性蛋白含量降低, 而铜污染处理使可溶性蛋白含量升高; 3 种环境因素之间存在交互作用。

[关键词] 水分胁迫; 铜污染; 冬小麦; 生理生化指标

[中图分类号] S153.3 **[文献标识码]** A

苗期

在影响小麦生长的诸多因素中, 肥料和水分是极其重要的两个方面。然而, 由于水资源的再利用, 因污灌引起的土壤重金属污染也成为我国北方干旱地区影响土壤环境的重要因素^[1]。铜是污灌土壤中最主要的重金属元素之一, 它在土壤中的生物学毒性仅次于汞, 对作物生长发育有显著影响^[1~4]。因此, 综合考虑土壤水分条件、施肥状况及铜污染水平等环境因素对作物生长的影响, 对指导干旱区特别是污灌区的农业生产具有重要的理论及实践意义。许多研究^[5~8]表明, 在逆境胁迫下, 植物体内 SOD、POD 等保护酶活性和 MDA、可溶性蛋白含量会发生相应变化, 这些变化量目前已被作为评价逆境伤害程度和植物适应性的指标而广泛应用。本研究就水分、施肥及铜污染 3 种环境因素对冬小麦生长及其叶片中 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量的影响进行探讨, 以期对北方旱区小麦生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试小麦为西农 881。供试土壤采自西北农林科技大学农作一站大田的红油土(0~20 cm), 有机质含量 12.6 g/kg, 全氮 0.99 g/kg, 速效磷 5.5 mg/kg, 全铜 24.1 mg/kg, pH8.0, 土壤最大毛管持水量(1 mm 土样)为 370 g/kg。

[收稿日期] 2000-09-21

[基金项目] 国家自然科学基金重大项目(49890330); 干旱农业生态国家重点实验室基金(GH9905)

[作者简介] 王保莉(1960—), 女, 副教授, 博士。

5512/101

1.2 盆栽试验设计与方法

试验按完全方案设计。试验设2个铜水平:Cu(L)(即自然本底)和Cu(H)(即400 mg/kg,模拟铜污染的三级农田)^[9];2个水分水平:W(H)(即正常供水,最大毛管持水量的70%)和W(L)(即干旱处理,最大毛管持水量的35%);3个施肥水平:CK(即不施肥)、N(即单施氮肥,0.2 g/kg(指每千克干土施氮肥0.2 g)),NP(即氮磷配施,N 0.2 g/kg和P₂O₅ 0.15 g/kg)。共12个处理,每处理重复4次。

取风干土样(过1 mm筛)0.56 kg装入塑料盆钵中,按试验设计的铜(CuSO₄)、氮(尿素)、磷(NaH₂PO₄)含量配制成混合溶液,一次性灌入土中,平衡7 d。种子经消毒、催芽,在大培养皿中培养5 d后,于1999年4月6日挑选大小基本一致的麦苗植入盆钵中,每盆9株。置培养架上生长,每天照光12 h。自三叶期(4月15日)开始用称重法控制水分供应,每日2次。5月2日采集小麦功能叶片测定SOD活性、MDA和可溶性蛋白含量。同日将根从盆中洗出,连同茎叶一起烘干,测定生物量及根冠比。

1.3 测定方法

酶液制备 采用文献^[10]的方法。

SOD活性测定 据Giamopolitis和Ries的方法^[10]。

MDA含量测定 采用林植芳等^[11]提出的方法。

可溶性蛋白测定 采用考马斯亮兰比色法。

2 结果与分析

2.1 不同环境因素对小麦苗期生物量和根冠比的影响

2.1.1 施肥 不同处理小麦苗期生物量测定结果见表1。从表1可以看出,在水分和铜水平相同时,施肥对小麦幼苗的影响为:茎叶干物质质量因施肥而增加,表现为NP>N>CK;而根重则相反,表现为NP<N<CK;总生物量(茎叶+根)在干旱条件下因施肥而引起的变化不大,而在正常供水条件下表现为NP>N>CK;根冠比的变化与根一样,表现为NP<N<CK。这些现象说明,在水分供应充足的情况下,施肥具有明显增加地上部分生物量的效果。在干旱和铜污染胁迫共存时,施肥能减轻铜污染的伤害。

表1 不同处理下小麦苗期的生物量及根冠比

编号	处理	茎叶/g	根/g	根冠比
1	Cu(L)-W(H)-CK	0.695 8±0.060 5(100)	0.184 1±0.007 9(100)	0.264 6(100)
2	Cu(L)-W(H)-N	0.698 8±0.032 1(100)	0.177 4±0.026 7(96.4)	0.253 9(96.0)
3	Cu(L)-W(H)-NP	0.974 4±0.045 4(140)	0.159 4±0.026 7(86.6)	0.163 6(61.8)
4	Cu(L)-W(L)-CK	0.385 7±0.035 8(100)	0.180 1±0.032 0(100)	0.466 9(100)
5	Cu(L)-W(L)-N	0.400 6±0.019 8(104)	0.146 7±0.013 2(81.4)	0.366 2(78.4)
6	Cu(L)-W(L)-NP	0.402 9±0.015 0(104)	0.129 1±0.011 1(71.7)	0.320 4(68.6)
7	Cu(H)-W(H)-CK	0.632 1±0.018 6(100)	0.181 1±0.029 4(100)	0.286 5(100)
8	Cu(H)-W(H)-N	0.697 2±0.036 7(110)	0.161 2±0.009 2(89.0)	0.231 2(80.7)
9	Cu(H)-W(H)-NP	0.801 5±0.036 4(127)	0.153 8±0.022 9(84.9)	0.191 9(67.0)
10	Cu(H)-W(L)-CK	0.353 7±0.030 2(100)	0.154 7±0.007 8(100)	0.437 4(100)
11	Cu(H)-W(L)-N	0.375 8±0.021 1(106)	0.126 2±0.009 6(81.6)	0.335 8(76.8)
12	Cu(H)-W(L)-NP	0.393 8±0.020 5(111)	0.119 2±0.014 3(77.0)	0.302 7(69.2)

注:()中为各处理相对其对照的百分数,下表同。

2.1.2 水分 在施肥条件相同时,无论土壤是否受铜污染,小麦茎叶和根的干物质质量都表现为干旱处理<正常供水,且茎叶降低量比根显著。干旱条件下各处理总生物量降低 35.7%~53.1%,而根冠比则相反,干旱处理的根冠比明显大于正常供水处理,增加幅度为 44%~96%。干旱胁迫下根冠比增大,这正是植物对干旱胁迫的一种适应性反应。

2.1.3 铜污染 在施肥和水分条件相同时,小麦茎叶和根的干物质质量都因铜污染而降低。在正常供水条件下,茎叶在 CK、N 及 NP 处理的减小程度分别为 9.15%,0.2%及 17.74%(平均为 9.03%),根分别为 1.63%,9.13%和 3.51%(平均为 4.76%),根冠比有所增大(单施氮肥处理除外),增加幅度为 8%~17%;在干旱条件下,茎叶分别减小 8.3%,6.19%和 2.26%(平均为 5.58%),根减少 14.10%,13.97%和 7.67%(平均为 11.91%),表明此时铜污染对根的抑制作用大,故导致根冠比降低(幅度为 5.5%~8.3%)。

由小麦茎叶干物质质量的方差分析结果看,水分因素的影响最大($F=1\ 087.36^{**}$),其次是施肥因素($F=48.54^{**}$),铜污染的影响最小($F=21.09^{**}$),远小于水及肥的作用。这表明对于三级农田,水肥状况仍是影响小麦生长的主要因素。从交互作用来看,水一肥之间、铜一水一肥之间交互作用的差异达极显著水平,铜一水、铜一肥之间交互作用的差异达显著水平。

2.2 不同环境因素对小麦叶片 SOD、MDA 及可溶性蛋白的影响

2.2.1 施肥 MDA 是膜脂过氧化的产物,其含量变化反映了作物所受胁迫的伤害程度。而 SOD 则在植物体内充当活性氧的清除剂,能减轻活性氧造成的膜伤害。当 SOD 活性与 MDA 含量保持相对平衡时,能有效地防止膜的损伤^[12]。干旱胁迫直接影响蛋白质的合成能力,而且会引起蛋白质降解,从而使作物体内蛋白质含量减少^[13]。因此,作物体内蛋白质含量与环境胁迫有一定的相关性。不同处理小麦叶片中 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量的测定结果列于表 2。

表 2 不同处理小麦叶片中 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量

编号	处理	MDA/ (nmol·L ⁻¹ ·g ⁻¹)	SOD/ (μmol·s ⁻¹)	可溶性蛋白/%	MDA/SOD
1	Cu(L)-W(H)-CK	7.568±0.095(100)	17.50±1.80(100)	13.33±1.01(100)	0.432(100)
2	Cu(L)-W(H)-N	7.570±0.079(100)	18.20±3.40(104)	14.28±0.83(107)	0.416(96.2)
3	Cu(L)-W(H)-NP	7.580±0.223(100)	18.59±5.80(106)	14.50±0.25(109)	0.408(94.3)
4	Cu(L)-W(L)-CK	10.17±0.49(100)	21.82±1.98(100)	12.68±2.24(100)	0.466(100)
5	Cu(L)-W(L)-N	11.76±0.35(116)	26.64±1.26(122)	12.38±0.76(97.6)	0.441(95.1)
6	Cu(L)-W(L)-NP	10.32±0.23(101)	24.94±1.60(114)	13.38±0.24(106)	0.414(88.8)
7	Cu(H)-W(H)-CK	8.098±0.074(100)	23.02±1.18(100)	14.45±0.93(100)	0.352(100)
8	Cu(H)-W(H)-N	8.112±0.022(100)	23.72±2.27(103)	15.02±0.51(104)	0.342(97.2)
9	Cu(H)-W(H)-NP	8.306±0.073(103)	24.42±3.60(106)	15.53±1.97(107)	0.340(96.7)
10	Cu(H)-W(L)-CK	10.26±0.09(100)	24.70±1.13(100)	13.92±0.51(100)	0.415(100)
11	Cu(H)-W(L)-N	13.09±1.07(127)	26.09±1.83(106)	13.49±0.45(96.9)	0.501(121)
12	Cu(H)-W(L)-NP	14.29±0.08(139)	28.82±2.37(117)	15.09±1.33(108)	0.496(119)

由表 2 可见,正常供水条件下不同施肥处理之间的 MDA 含量变化不大;干旱条件下

不加铜单施氮肥处理的 MDA 含量相对有所升高,而氮磷配施处理几乎不升高。这与干旱胁迫下施氮无益于抗旱,施磷则有利于提高抗旱性是一致的^[14]。在干旱和铜污染双重条件下(处理 10~12),MDA 含量表现为 NP>N>CK。这说明在干旱和铜污染双重胁迫下再增加施肥可能会增大胁迫程度,加剧膜伤害。这从 MDA/SOD 值也可以反映出来,因为在干旱和铜污染条件下施肥使 MDA/SOD 值增大,而其他情况下施肥一般使该比值减小。

施肥处理叶片 SOD 活性大于不施肥处理,一般表现为 NP>N>CK。这说明施肥可以促进植物体内 SOD 活性的提高。从整个试验来看,施肥使 SOD 活性变化与 MDA 含量变化趋势相同,二者呈极显著的正相关关系($r=0.824^{**}$, $df=10$, $P_{0.01}=0.708$)。

在本试验中,施肥一般能使可溶性蛋白含量相对增大,且氮磷配施的效果更明显,这说明施肥特别是氮磷配施能提高作物的代谢活性。而在干旱条件下单施氮肥,却使小麦叶片可溶性蛋白含量降低,这说明干旱条件下单施氮肥对小麦体内蛋白质的影响与正常供水时单施氮的影响不同。

2.2.2 干旱 由表 2.3 可看出,在干旱条件下各处理小麦叶片 MDA 含量和 SOD 活性都相对增大,而且 MDA/SOD 值也表现为干旱处理>正常供水处理。干旱及铜污染并存处理的 MDA/SOD 值增大更明显(18%~47%)。这表明干旱胁迫增加了膜损伤。这些事实进一步说明,植物本身具有对逆境伤害的适应性调节功能,SOD 活性会随着 MDA 含量的增大而增大。胁迫程度越大时,MDA/SOD 值逐渐增大,说明这种调节功能随着环境胁迫的加剧而减小。可溶性蛋白含量在干旱条件下都相对减小,这也进一步说明干旱对植物生长产生了胁迫,导致作物代谢活性下降,体内蛋白质的累积减少。

表 3 干旱处理的 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量相对于正常供水处理的百分数 %

处理	MDA	SOD	MDA/SOD	可溶性蛋白
Cu(L)-CK	134	125	108	95.1
Cu(L)-N	155	146	107	86.7
Cu(L)-NP	136	134	101	92.3
Cu(H)-CK	127	107	118	96.3
Cu(H)-N	161	110	147	89.8
Cu(H)-NP	172	118	146	97.2

2.2.3 铜污染 由表 2.4 可以看出,铜污染处理的 MDA 含量和 SOD 活性相对于不加铜处理都有所增大。具体表现为,在正常供水条件下,MDA 含量增加幅度较小(7%~10%),SOD 活性增加幅度较大(30%~32%),从而使 MDA/SOD 值减小,且施肥对其减小程度影响很小;在干旱条件下,铜污染处理的 MDA 增大程度大于 SOD 的增大程度,引起 MDA/SOD 值增大,且在施肥处理中表现的更加明显。这说明,正常供水条件下,土壤中高含量的铜可能促进了植物体内含铜 SOD 的合成或使其活性提高,从而使小麦对膜伤害的防御性调节能力加强。在干旱条件下,土壤铜污染只能使细胞膜的伤害加剧,不利于

小麦生长。铜污染处理小麦叶片中可溶性蛋白含量相对于不加铜处理都略有增大(5%~13%),水分和施肥状况对其相对增长量的影响不大。这可能是由于加铜促进了植物体内金属蛋白酶的合成与累积,从而使总可溶性蛋白含量呈增加的趋势。

表 4 铜污染处理的 SOD 活性、MDA 和可溶性蛋白含量相对于不加铜处理的百分数 %

处理	MDA	SOD	MDA/SOD	可溶性蛋白
W(H)-CK	107	132	81.4	108
W(H)-N	107	130	82.2	105
W(H)-NP	110	131	83.4	107
W(L)-CK	101	113	89.1	110
W(L)-N	111	98.3	113	109
W(L)-NP	138	116	120	113

通过对各环境因素的影响进行比较可以看出,本试验条件下,水分对 MDA 含量影响最大(相对增加 27%~72%),施肥和铜污染的影响有限;对于 SOD 活性和可溶性蛋白含量变化,水分和铜的影响较大,而施肥影响相对较小。各因素之间都存在一定的交互作用。

[参考文献]

- [1] 朱荫渭,周启星.土壤污染与我国农业环境保护的现状、理论和展望[J].土壤通报,1999,30(3):132-135.
- [2] 王宏康.土壤中金属污染的研究进展[J].环境化学,1991,10(5):35-41.
- [3] 袁玉信.微量元素在植物生活中的作用[J].生物学通讯,1996,31(4):4-11.
- [4] 贺建群,杨居荣,许嘉琳,等.重金属及其交互作用对小麦幼苗中金属含量的影响[J].生态学杂志,1992,11(4):5-10.
- [5] 武宝轩,格林·托德.小麦幼苗中 SOD 活性与幼苗脱水耐受力相关性研究[J].植物学报,1985,27(2):152-160.
- [6] 王振镗,郭蔼光,罗淑平.水分胁迫对玉米 SOD 和 POD 活力及同工酶的影响[J].西北农业大学学报,1989,17(1):45-49.
- [7] 蒋明义,荆家海.渗透胁迫对水稻膜脂过氧化及体内保护酶系统的影响[J].植物生理学报,1991,17(1):80-84.
- [8] 曲东,王保莉,山仑,等.干旱条件下磷对玉米 SOD 和 POD 活性的影响[J].西北植物学报,1996,24(3):47-51.
- [9] GB 15618-1995,土壤环境质量标准[S].
- [10] Gramopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. purification and quantitative relationship with water soluble protein in seedlings[J]. Plant Physiol, 1979, 59:315-318.
- [11] 林植芳,李桂顺,林桂珠,等.水稻叶片的衰老与 SOD 及脂质过氧化作用的关系[J].植物学报,1984,26(6):605-615.
- [12] 曲东,王保莉,山仑,等.干旱条件下磷对小麦 SOD,MDA 及可溶性蛋白的影响[J].西北农业大学学报,1999,27(5):126-132.
- [13] 薛青武.干旱条件下作物的物质代谢反应[A].山仑,陈培元.旱地农业生理生态基础[C].北京:科学出版社,1998.78-95.
- [14] 张岁岐.干旱条件下无机营养对作物生长发育和水分利用效率的影响[A].山仑,陈培元.旱地农业生理生态基础[C].北京:科学出版社,1998.233-246.

Effect of different environmental factors on SOD activity, MDA and soluble protein contents of wheat leaves

WANG Bao-li¹, YANG Chun², QU Dong²

(1 College of Life Science, 2 College of Resources and Environment, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The growth and SOD activity, MDA and soluble protein contents of wheat leaves at seedling stage were determined in simulating soil basin culture, with controlled copper content (Cu: 400 mg/kg in dry soil and background soil), irrigated water (at 70% and 35% of soil capillary water) and fertilization (CK, N and NP). The results indicated that: (1) The level of water, fertilization and copper had notable effects on wheat growth, and the effect degree was water > fertilization > copper. (2) Water had greater effect on MDA content than fertilization and copper, and drought stress obviously increased the MDA content and MDA/SOD values. (3) Water and copper had greater effect on SOD activity and soluble protein content. Drought stress increased SOD activity, decreased soluble protein content, and copper stress increased soluble protein content. (4) There existed interaction on wheat growth among the three different environmental factors.

Key words: drought stress; copper stress; winter wheat; biochemical index