

锌、锰对棉花吸收氮、磷养分的影响及机理研究^X

高柳青¹ 田长彦² 胡明芳²

(¹中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101; ²中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

提 要 较高或较低浓度的土壤锌、锰影响棉花对氮、磷养分的吸收, 而合适的土壤锌、锰浓度能促进棉花根系和地上部对氮、磷的吸收和积累。提高植株及茎、叶、蕾、铃中氮、磷的含量, 对棉花的生长发育, 产量及产量构成因素都表现出明显的促进作用。通过水培试验研究表明, 锌、锰在一定浓度条件下所表现的促进作用, 主要是提高了棉花植株的根系活力, 增加棉株叶片的叶绿素含量, 调节棉株体内的酶活性, 从而增加了棉花对营养物质的吸收、运输和代谢, 提高了氮、磷的利用率, 增加棉花的产量。

关键词 棉花; 锌; 锰; 氮; 磷; 机理

Research on Effect of Zinc (Zn), Manganese (Mn) on Nitrogen (N) and Phosphorus (P) Absorption of Cotton and Its Mechanism

GAO L iu Q i n g¹ T I A N C h a n g Y a n² H U M i n g F a n g²

(¹ Commission for Integrated Survey of Natural Resources, C A S, B e i j i n g 100101; ² Xinjiang Institute of Ecology and Geography, C A S, U r u m q i 830011)

Abstract Higher or lower concentration of soil Zn, Mn could influence N and P absorption of cotton. The suitable concentration of Zn, Mn could promote absorption and accumulation of N, P nutrient in cotton shoot and root, and raise N, P contents of stems, leaves, buds and bolls of cotton, and clearly promote cotton growth and raise yield. Test of water nurture indicated that Zn, Mn promoting action showed raising root activity, chlorophyll content and cotton plant enzyme activity and thus promoted nutrient absorption, transportation and metabolism of cotton, so utilized rate of N, P was raised, cotton yield was increased.

Key words Cotton; Zn, Mn; N, P; Mechanism

国内外研究土壤锌、锰提高棉花产量的文献较多^[1~11], 但对土壤中不同浓度锌、锰影响棉花各生育期氮、磷养分吸收及机理研究尚未见报道, 本文研究侧重于我国产棉大省的新疆, 在其土壤 pH 值较高, 有效锌、锰含量及释放能力较小, 并且大面积土壤缺少矿质元素锌、锰而化肥的投入量增加, 但氮、磷肥的利用率较低等条件下^[12], 采用盆栽土壤中加入不同水平的锌、锰元素, 探讨棉花在不同水平的土壤锌、锰条件下, 对氮、磷养分的吸收影响, 并用水培试验进一步研究, 适量锌、锰促进棉花吸收氮、磷养分的机理, 为提高氮、磷肥利用率提供科学依据。

X 国家自然科学基金资助项目, (编号: 49671046) 和 中国科学院知识创新工程课题
收稿日期: 1999205228, 接受日期: 1999211225

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验设置在新疆新和县塔什力克乡。供试棉种为427, 土壤为灌淤土, 质地为中壤。该土有较高的pH值。土壤全锌 $66.31 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 略低于 $100 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$, 土壤有效锌略低于 $0.5\sim 1 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 缺锌临界指标。全锰含量接近于全国平均含锰量 $710 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$, 有效锰低于 $7 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 临界水平。有效养分除有效氮略高外, 磷、钾偏低。由于pH值较高, 锌、锰的有效性降低, 为此, 本地区的土壤为缺锌、锰土壤, 其理化性状见表1。

表1 盆栽试验土壤养分含量
Table 1 Fertilizer content of soils in pot experiment

pH	有机质 Organic matter (gökkg)	全氮 N (gökkg)	全磷 P (gökkg)	全钾 K (gökkg)	全锌 Zn (gökkg)	全锰 Mn (gökkg)	有效氮 Ava N (mgökkg)	有效磷 Ava P (mgökkg)	有效钾 Ava K (mgökkg)	有效锌 Ava Zn (mgökkg)	有效锰 Ava Mn (mgökkg)
8.71	12.30	0.75	1.43	21.20	0.07	0.81	173.00	11.60	149.30	0.76	6.18

Ava: Available

1.2 研究方法

采用 $20 \text{ cm} \times 22 \text{ cm}$ (小盆), $25 \text{ cm} \times 26 \text{ cm}$ (大盆)的普通塑料盆, 每盆装土 5 kg (小盆)和 10 kg (大盆), 试验方案设:

(a) 肥底为每 kg 土施N 0.1 g , P_2O_5 0.15 g , K_2O 0.1 g 。

(b) 肥底加 ZnSO_4 $0 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $2 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $8 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $16 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 土。4个不同水平处理(分别以 B_0 、 B_1 、 B_2 、 B_3 表示)。

(c) 肥底加 MnSO_4 $0 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $5 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $30 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 、 $60 \text{ mg}\ddot{\text{o}}\text{kg}$ 土。4个不同水平处理(分别以 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 表示)。

以上处理全部以基肥的形式于播种前和土壤混匀后装盆。氮肥肥源为尿素, 磷和钾为 KH_2PO_4 , 锌和锰分别为 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 均为分析纯化学试剂。每个处理分苗期、蕾期、花期每盆装土 5 kg , 留苗2株, $6\sim 7$ 次重复, 铃期装土 10 kg , 每盆留苗2株, 4次重复。于1997年5月25日播种至铃期8月28日收获, 全生育期96d, 统一管理, 定期定量浇水, 在棉花的苗、蕾、花、铃期分别采集棉株的根、茎、叶、蕾、铃烘干称重, 留作养分分析。

利用水培研究锌、锰对棉花氮、磷养分吸收的机理, 试验采用的营养液组成如下($\text{mol}\ddot{\text{o}}\text{L}$): 大量元素 K_2SO_4 7.5×10^{-4} ; MgSO_4 6.5×10^{-4} ; KCl 2.0×10^{-3} ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2.0×10^{-3} ; KH_2PO_4 2.5×10^{-4} 。微量元素 H_3BO_3 1.0×10^{-6} ; MnSO_4 1.0×10^{-6} ; CuSO_4 1.0×10^{-7} ; ZnSO_4 1.0×10^{-6} ; $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 5.0×10^{-9} ; Fe-EDTA 1.0×10^{-4} ; pH 6.5 (不施锌处理营养液不加 ZnSO_4 ; 不施锰处理的营养液不加 MnSO_4) 其它按营养液组成。供锌水平设, $0 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $1 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $2 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $4 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $6 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$, 五个不同锌水平处理(分别以 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 表示); 供锰水平设 $0 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $1 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $2 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $4 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 、 $8 \text{ mg}\ddot{\text{d}}$ 五个不同处理(分别以 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 表示)。棉花品种为89-7, 每盆种植4株, 每两天更换一次营养液, 昼夜通气。1998年4月28日播种, 5月29日收获共计32d, 收获时分新叶、老叶(不包括子叶, 由下往上的两片叶)茎、根四部分取样, 分别称其鲜重, 在 105°C 杀青15min后在 70°C 下烘干称重, 磨粉待用。

1.3 测定方法

土壤锌、锰、磷元素用 ICP 等离子体发射光谱仪测定。

土壤全氮采用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消化, 清液用凯氏法, 有效氮用碱解蒸馏法。

植株氮用半微量凯氏定氮法; 全磷用钒钼黄比色法; 全锌、全锰用双硫脲比色法。

叶片叶绿素含量用 SPAD 叶绿素仪直接进行活体测定, 根系氧化还原活力的测定用对氨基苯磺酸和 $NaNO_2$ 反应比色法。

硝酸还原酶活性测定(根据陈薇, 1980^[13])比色法测定。

2 结果

2.1 锌、锰对棉花各器官氮、磷的积累与分配的影响

2.1.1 锌对棉花各器官氮、磷的积累与分配的影响 表 2 中, 锌促进了各生育期的棉花对氮和磷的吸收, 蕾期棉花的叶、茎、根、蕾中氮和磷的含量较其它生育期三处理差别显著, 上

表 2 锌对棉花各器官氮、磷、锌、锰含量的积累与分配的影响

Table 2 Effect of Zn on accumulation and distribution of N, P, Zn, Mn in cotton organs

养分 Nutrient	N mg/plant				P mg/plant				Zn µg/plant				Mn µg/plant			
	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos
生育期 Growth stage																
叶 Leaf	B ₀ 15.27	24.35	89.62	170.08	1.84	3.99	13.41	17.87	6.30	8.60	49.80	132.4	26.50	28.20	118.7	311.1
B ₁	19.03	75.58	123.55	175.07	2.05	8.15	12.10	16.74	7.00	34.60	90.70	104.6	25.90	79.00	142.6	348.8
B ₂	15.77	86.06	121.67	164.16	1.39	7.39	9.53	14.86	8.10	44.90	65.00	116.3	20.10	95.00	129.9	323.2
B ₃	15.31	77.40	91.26	92.40	1.44	6.75	9.75	15.82	8.50	54.00	70.20	183.1	18.20	83.30	124.8	391.2
茎 Stem	B ₀ 3.21	8.99	19.24	43.49	0.63	1.62	5.79	7.97	1.70	4.90	22.80	25.40	2.10	5.40	22.80	47.10
B ₁	4.49	18.11	33.84	57.21	0.85	3.11	6.35	9.60	3.20	12.90	25.90	80.60	2.00	14.20	25.90	61.40
B ₂	3.26	21.24	30.38	46.59	0.46	2.74	5.40	7.01	1.60	15.60	45.90	55.10	1.30	15.60	22.50	50.10
B ₃	3.73	18.88	28.53	67.60	0.63	3.07	4.43	10.35	2.60	19.60	27.40	97.40	1.50	15.90	21.10	73.10
根 Root	B ₀ 2.60	9.99	11.68	25.98	0.55	2.01	3.42	5.95	1.00	6.90	18.70	26.40	2.70	9.70	20.90	37.40
B ₁	2.62	11.11	14.93	15.23	0.64	2.49	3.37	5.08	1.60	11.50	11.70	19.30	2.90	14.40	22.10	33.30
B ₂	2.80	12.03	18.82	18.50	0.58	2.23	3.58	4.74	2.60	8.00	34.20	20.30	5.80	16.90	31.10	38.40
B ₃	2.66	10.86	13.44	29.88	0.53	2.07	2.53	6.32	2.10	7.80	12.10	28.70	3.90	18.10	19.80	46.00
蕾 Buds	B ₀	6.23				1.13				3.70				4.00		
B ₁		11.04				1.87				7.40				7.10		
B ₂		10.31				1.54				6.60				7.10		
B ₃		10.42				1.42				9.60				6.10		
铃 Boll	B ₀		49.97	93.02			8.71	14.52			41.30	68.70			36.70	56.50
B ₁			51.75	233.07			9.16	29.93			46.60	141.4			38.60	123.7
B ₂			68.57	218.88			10.59	35.09			67.40	176.2			50.10	157.70
B ₃			66.46	254.49			11.04	36.85			62.30	210.30			48.20	157.70
籽 Grain	B ₀			3.49				0.82				6.80				2.70
B ₁				15.28				1.89				14.90				6.80
B ₂				8.36				1.08				10.00				3.90
B ₃				5.21				1.00				9.10				3.50

B₀ 为空白 B₀: Blank test; Ses: Seedling stage; Bus: Buds stage; Fls: Flowering stage; Bos: Boll stage

述器官中氮 B₁ 较 B₀ 分别提高 210.4%、101.4%、11.2% 和 77.2%，磷分别提高 101.4%、92.0%、23.9% 和 65.5%。B₂ 较 B₀ 氮分别提高 253.4%、136.3%、21.4% 和 65.5%，磷较 B₀ 分别提高 85.2%、69.1%、10.9% 和 36.3%。氮 B₃ 较 B₀ 分别提高 217.9%、110.0%、8.7% 和 67.3%，磷较 B₀ 分别提高 69.2%、89.5%、3.0% 和 25.7%。铃和籽中氮和磷养分的变化与营养器官不同，铃和籽中氮 B₁ 较 B₀ 提高 150.6% 和 337.8%，磷提高 106.1% 和 130.5%。B₂ 较 B₀ 氮提高 135.3% 和 139.5%，磷提高 141.7% 和 31.7%。B₃ 较 B₀ 氮提高 173.6% 和 49.3%，磷提高 153.8% 和 22.0%。而籽中的氮和磷，B₁、B₂ > B₃ > B₀，籽中的锌和锰，B₁、B₂ > B₃ > B₀。

2.1.2 锰对棉花各器官氮、磷的积累与分配的影响 表3中，从棉花的蕾期和花期可见，锰的调控效应明显，棉花锰含量随人为增加而提高，但在 A₃ 浓度时棉株锰含量低于 A₂。

表3 锰对棉花各器官氮、磷、锌、锰含量的积累与分配的影响

Table 3 Effect of Mn on accumulation and distribution of N, P, Zn, Mn in cotton organs

养分 Nutrient	N mg/plant				P mg/plant				Zn µg/plant				Mn µg/plant				
	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Bos	苗 Ses	蕾 Bus	花 Fls	铃 Box	
生育期 Growth stage	A ₀	15.27	24.35	89.62	170.08	1.84	3.99	13.41	17.87	6.30	8.60	49.80	132.4	26.50	28.20	118.7	297.8
	叶 A ₁	18.29	59.08	84.29	166.29	2.64	12.25	15.44	15.44	5.70	25.70	50.10	136.6	32.10	73.10	141.9	285.1
	Leaf A ₂	16.68	73.61	108.67	186.30	2.45	10.99	14.12	24.30	6.10	23.90	51.00	145.8	28.60	86.00	164.8	364.5
	A ₃	17.84	66.00	88.76	257.66	2.86	9.25	12.52	42.24	6.70	22.60	45.50	137.3	33.10	76.10	132.8	517.4
茎 Stem	A ₀	3.21	8.99	19.24	43.49	0.63	1.62	5.79	7.97	1.70	4.90	22.80	25.40	2.10	5.40	22.80	47.10
	A ₁	3.75	17.70	29.15	62.98	0.71	3.92	6.33	10.20	2.30	12.30	22.60	53.20	2.00	13.40	27.10	66.50
	A ₂	4.28	20.66	26.91	54.21	0.70	3.74	6.26	10.16	3.40	13.30	25.50	87.10	2.00	13.30	27.80	58.10
	A ₃	4.83	21.05	23.32	93.13	0.85	2.85	5.62	14.74	2.00	11.20	21.60	93.80	2.20	12.20	23.80	100.5
根 Root	A ₀	2.60	9.99	11.68	25.98	0.55	2.01	3.42	5.95	1.00	6.90	18.70	26.40	2.70	9.70	20.90	37.40
	A ₁	2.72	7.27	12.33	23.74	0.63	2.06	2.86	5.12	1.80	8.80	8.80	18.60	3.60	13.20	17.60	34.90
	A ₂	2.38	10.40	12.14	22.64	0.61	2.30	2.56	6.70	2.40	8.40	9.60	20.80	3.60	14.50	17.00	41.60
	A ₃	3.24	9.26	12.46	20.70	0.68	1.80	2.72	5.52	2.20	11.10	11.50	23.00	4.00	11.10	22.00	39.10
蕾 Buds	A ₀		5.40				1.13				3.70				4.00		
	A ₁		5.82				1.18				3.40				3.20		
	A ₂		9.10				1.44				4.40				4.90		
	A ₃		6.94				1.15				3.10				4.60		
铃 Boll	A ₀		36.52	93.02			8.71	14.52			41.30	68.70			36.70	56.50	
	A ₁		67.79	200.31			10.54	30.41			39.50	118.0			41.40	101.1	
	A ₂		50.39	182.59			8.58	26.93			34.30	139.5			45.20	116.3	
	A ₃		42.90	200.01			8.89	33.54			32.20	204.3			36.80	144.7	
籽 Grain	A ₀			3.49				0.82				6.80				2.70	
	A ₁			11.16				1.61				12.30				5.80	
	A ₂			7.29				0.97				6.60				3.10	
	A ₃			5.61				0.52				0.42				0.16	

A₀ 为空白 A₀: Blank test; Ses: Seedling stage; Bus: Buds stage; Fls: Flowering stage; Bos: Boll stage

表3中还可可见，蕾期棉株的叶、茎、根、蕾较其它生育期三处理吸收氮、磷、锌、锰的差别显著。A₁ 上述器官中氮含量较 A₀ 分别提高 141.6%、16.8%、4.6% 和 7.8%，磷含量提高 207.0%、142.0%、2.5% 和 4.4%。A₂ 上述器官中，氮含量较 A₀ 分别提高 202.3%、

129.8%、4.1%和68.5%，磷含量提高175.4%、130.9%、14.4%和27.4%。 A_3 上述器官中氮含量(叶、根、蕾) $< A_2$ ，磷含量 $< A_1$ 和 A_2 。另外， A_1 花铃和铃中的氮较 A_0 分别提高85.6%和115.3%，磷分别提高21.0%和109.4%。 A_2 花和铃中氮较 A_0 分别提高38.0%和96.3%，铃中磷提高85.5%。花铃和铃中氮 $A_3 < A_1$ ，花铃中磷 $A_3 < A_1$ 而铃中磷 $A_3 < A_1$ 和 A_2 。籽中氮和磷与营养器官不同， A_1 较 A_0 提高219.8%和96.3%， A_2 较 A_0 提高108.9%和18.3%。籽中氮和磷 $A_3 < A_1$ 和 A_2 ，籽中锌和锰 $A_3 < A_1$ 和 A_2 。

综上所述，棉花蕾期为吸收养分的高峰期，特别经锌的 B_1 和 B_2 及锰的 A_1 和 A_2 处理后，棉花的叶、茎、根、蕾中氮和磷的含量较 B_0 和 A_0 显著提高。另外，铃期的铃和籽中的氮和磷含量也较 B_0 和 A_0 明显提高。表明供锌或供锰适量，促进了棉花的生殖生长阶段，营养器官中氮和磷的再分配，即以较高的比例运转到铃和籽中去。而经较高或较低的锌或锰处理，棉花中较多的氮、磷养分滞留于营养器官中，由 B_0 、 B_1 、 B_2 、 B_3 和 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 各自处理的结果中，大都表现为 B_1 、 B_2 和 A_1 、 A_2 较好，这可能是缺锌和缺锰导致 B_0 和 A_0 差，合理供锌下 B_1 、 B_2 和 A_1 、 A_2 表现较好，而过量供锌又产生磷、锌拮抗作用，过量供锰又限制了棉花对N、P吸收。

2.2 锌、锰对棉花产量及构成因素的影响

2.2.1 锌对棉花产量及构成因素的影响 表4中，棉花各生育期三处理的地上干重和总干重，分别较 B_0 有所提高，而蕾期尤为显著。蕾期，三处理的地上和地下干重分别较 B_0 提高196.0%、210.2%、174.0%和39.1%、29.0%、24.6%。各生育期三处理的株高都有不同增长，但蕾期 B_1 和 B_2 有所降低，从地上干重和地下干重及总干重来看， B_1 和 B_2 高于 B_0 和 B_3 ，说明棉花根系发育良好，棉茎粗壮。

表4 锌、锰对棉花生物学产量的影响
Table 4 Effect of Zn and Mn on biological yield of cotton

生育期 Growth stage	项目 Item	不同锰浓度(mgÖkg) Mn concentration				不同锌浓度(mgÖkg) Zn concentration			
		A_0	A_1	A_2	A_3	B_0	B_1	B_2	B_3
苗期 Seedling period	株高 Plant height(cm)	6.4	8.1	7.0	8.5	6.4	9.2	6.8	6.4
	地上干重 Dry weight on ground(gÖplant)	0.60	0.68	0.69	0.76	0.60	0.74	0.63	0.59
	地下干重 Dry weight under ground(gÖplant)	0.14	0.16	0.17	0.18	0.14	0.16	0.16	0.14
	总干重 Total dry weight(gÖplant)	0.74	0.84	0.86	0.94	0.74	0.90	0.79	0.73
蕾期 Bud period	株高 Plant height(cm)	18.4	21.2	18.2	16.8	18.4	18.2	17.4	19.4
	地上干重 Dry weight on ground(gÖplant)	1.27	3.10	3.60	3.16	1.27	3.76	3.94	3.48
	地下干重 Dry weight under ground(gÖplant)	0.69	0.73	0.77	0.69	0.69	0.96	0.89	0.86
	总干重 Total dry weight(gÖplant)	1.96	3.83	4.37	3.85	1.96	4.72	4.83	4.34
花期 Flower period	株高 Plant height(cm)	18.5	23.6	21.4	22.4	18.5	25.4	23.8	25.0
	地上干重 Dry weight on ground(gÖplant)	7.43	8.32	7.80	7.49	7.43	8.28	8.51	8.02
	地下干重 Dry weight under ground(gÖplant)	1.10	1.10	1.07	1.05	1.10	1.30	1.56	1.10
	总干重 Total dry weight(gÖplant)	8.53	9.42	8.87	8.54	8.53	9.58	10.07	9.12
铃期 Boll period	株高 Plant height(cm)	27.2	34.1	35.9	34.7	27.2	28.3	32.9	34.7
	地上干重 Dry weight on ground(gÖplant)	14.28	18.80	20.69	25.77	14.28	19.65	20.75	20.95
	地下干重 Dry weight under ground(gÖplant)	2.20	2.33	2.31	2.30	2.20	1.75	2.26	2.87
	总干重 Total dry weight(gÖplant)	16.48	21.13	23.00	28.07	16.48	21.24	23.01	23.82

A_0 、 B_0 均为空白 A_0 、 B_0 : Blank test

另外，从图1来看，三处理的铃数、皮棉重、棉籽重都有不同程度的增加，而 B_1 和 B_2 处

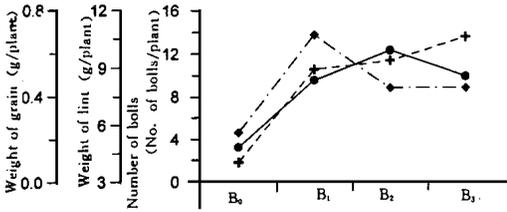


图1 锌对棉花铃期铃数、皮棉重及棉籽重的影响
 (●—铃数 +—皮棉重 ◆—籽棉重)
 Fig.1 Effect of Zn on number of bolls, weight of lint and weight of grains in boll period
 (●—Number of bolls +—Weight of lint ◆—Weight of grain)

影响不大,相反A₂和A₃的株高比A₀还低,而总干重则比A₀显著提高,说明此时棉株较粗壮。另外,A₃处理的地上干重、地下干重和总干重均较A₂降低,这可能是锰含量较高适得其反的作用。

根据图2来看,A₁和A₂处理较A₀显著提高了棉花的铃数、皮棉重和棉籽重,而A₃处理上述结果均呈降低趋势。

综上所述,适量的锌和锰能促进棉花的生殖生长和生物学产量的形成。但较低或较高浓度的锌和锰仅能促进营养生长,从而影响作物的产量形成。

2.3 锌、锰促进棉花吸收氮、磷养分的机理

2.3.1 提高根系活力促进养分吸收

棉株的根系活力强弱,直接影响它吸收水肥的能力,及对壮苗早发起到关键作用。地上部生长,对制造有机养料供给根部促进根系生长,保证棉株的正常生长发育有着直接的影响。通过实验结果(图3、4)来看,适量的锌(b₁、b₂),锰(a₁、a₂)浓度,显著提高所植棉株的根系活力,由此促进棉株根系(表2)对氮、磷养分的吸收能力,并反映出根系吸氮、磷能力的增强,另外也反映了根系对难溶性氮、磷的活化能力。这对于pH值较高,固氮、固磷能力较强,释放氮、磷能力较弱的土壤来说具有重要价值。

另外从图3、4来看,锌浓度b₀、b₃、b₄,锰浓度a₀、a₃、a₄时,棉株的根系活力呈降低趋势,并从表2来看,棉株根系此时对氮、磷的吸收能力降低。从中可见,锌、锰浓度过低或过高,降低棉株根系对氮、磷养分的吸收能力。

2.3.2 调节体内酶活性,促进物质代谢

酶是一种高效的催化剂,它可以催化生化反应,加速生物体的新陈代谢速度。生物体内有多种酶,然而硝酸还原酶是旱生植物氮素代谢中的关键酶之一,对作物吸收利用氮素至关重要。由实验结果图5、6来看,当供锌水平b₁、b₂,锰a₁、a₂时,棉苗叶片的硝酸还原酶活性显著提高。但供锌水平b₀、b₃、b₄及供锰a₀、a₃、a₄时则硝酸还原酶活性降低,说明适量的锌、锰可提高棉叶硝酸还原酶的含量,促进棉株体内硝酸

理较为显著,B₃处理(除皮棉重外)较B₁和B₂处理呈降低趋势。

2.2.2 锰对棉花产量及构成因素的影响

表4中可知,锰对棉株苗期的生物学产量有一定的影响,但不十分显著,对花期和铃期的棉花总干重和株高也有不同程度的提高。而对蕾期地上干重的影响来看,A₁、A₂和A₃较A₀分别提高144.1%、183.5%和148.8%。地下干重三处理较A₀分别提高5.8%、11.6%和0。总干重三处理较A₀分别提高95.4%、123.0%和96.4%。上述结果可见,锰对蕾期棉株的生物学产量形成起到显著作用,但对株高

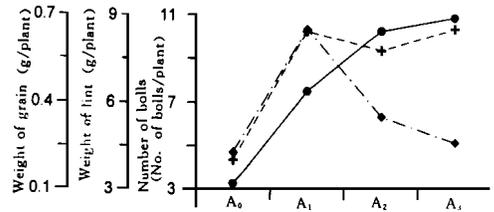


图2 锰对棉花铃期铃数、皮棉重及棉籽重的影响
 (●—铃数 +—皮棉重 ◆—籽棉重)
 Fig.2 Effect of Mn on number of bolls, weight of lint and weight of grains in boll period
 (●—Number of flowering bolls +—Weight of lint ◆—Weight of grains)

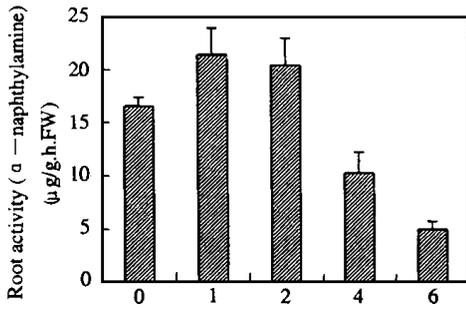


图3 供锌对棉花根系活力的影响
Fig. 3 Effect of Zn supply level on root activity of cotton

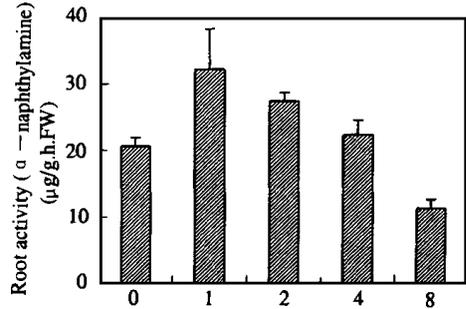


图4 供锰对棉花根系活力的影响
Fig. 4 Effect of Mn supply level on root activity of cotton

还原酶活性增强,并在叶片中能有效地把NO₃-N还原成NH₃,因而促进棉花体内氮素代谢,从而提高植株对氮、磷的吸收。另外从图5、6来看,锌、锰水平较低或较高,限制了棉叶对硝酸还原酶的吸收,此时硝酸还原酶活性显著降低,氮素代谢受阻。

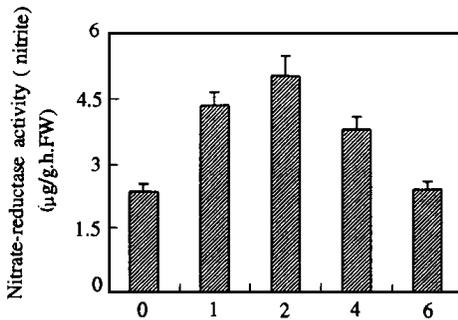


图5 供锌对棉花叶片硝酸还原酶活性的影响
Fig. 5 Effect of Zn supply level on nitrate reductase activity in cotton leaves

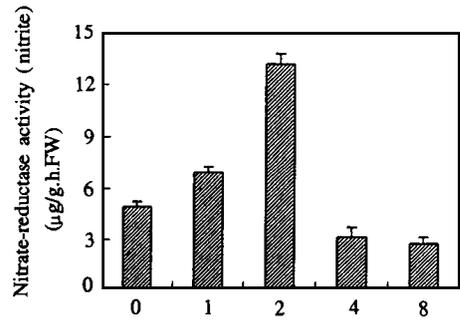


图6 供锰对棉花叶片硝酸还原酶活性的影响
Fig. 6 Effect of Mn supply level on nitrate reductase activity in cotton leaves

2.3.3 增强光合作用,提高干物质积累 叶绿素是植物进行光合作用时,吸收和传递光能的主要物质,在棉花的生长发育过程中起着重要作用。叶绿素又是叶片进行光合作用的物质基础,它具有接受和转换光能的作用,叶片中叶绿素含量的增加促进棉株进行光合作用^[14]。所以棉株吸收及利用氮的能力与其光合作用及地上部生长有很大关系。

从图7、8来看,不同供锌、锰水平提高了棉苗新叶的叶绿素含量,并有随锌、锰浓度增加而提高的趋势,同时可见供锰浓度a₁、a₂老叶的叶绿素含量显著提高,但a₄略降低。而供锌对老叶叶绿素含量影响不大。

3 结论

通过盆栽土培及人工气候室水培,探讨棉花各生育期在不同锌、锰浓度胁迫条件下,对氮、磷养分吸收的影响及机理,实验结果表明,当土壤中施入2~8 mg ökg 锌,5~30 mg ökg 锰时能显著提高苗、蕾期棉株根系及地上部各器官对氮、磷的吸收和积累,促进棉株的生长

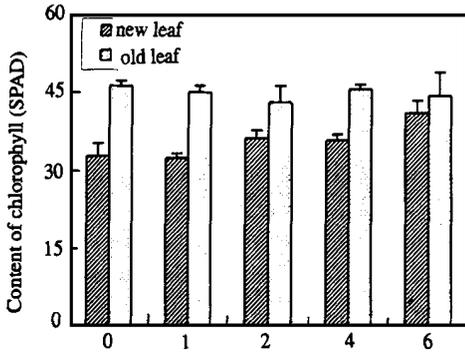


图7 供锌对棉花叶片叶绿素含量的影响

Fig. 7 Effect of Zn supply level on content of chlorophyll in cotton leaves

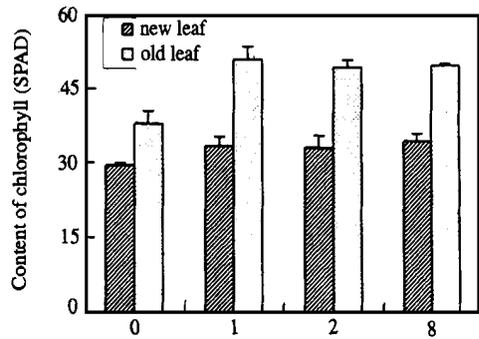


图8 供锰对棉花叶片叶绿素含量的影响

Fig. 8 Effect of Mn supply level on content of chlorophyll in cotton leaves

发育和产量形成。当土壤中未施锌和施入 $16 \text{ mg} \ddot{\text{o}}\text{kg}$ 锌浓度和 $60 \text{ mg} \ddot{\text{o}}\text{kg}$ 锰浓度时, 降低棉株及地上部各器官对氮、磷的吸收, 特别是高浓度锌、锰在棉株生长后期(铃期)促进棉株营养生长, 从而降低了棉株的生殖生长影响产量。对锌、锰所产生的促进作用经水培试验表明, 锌、锰浓度为 $1 \sim 2 \text{ mg} \ddot{\text{L}}$ 时能显著提高棉花的根系活力, 增强棉花叶片的叶绿素含量, 调节体内酶活性。而未施锌、锰或施量过高对棉花的根系活力、光合作用及体内酶活性都有限制作用。

参 考 文 献

- 1 Venkatakrishnan AS. *Agricultural Journal*. 1994, 81(9): 519~ 520
- 2 Sawan ZM. *Seed Science and Technology*. 1993, 21(2): 417~ 431
- 3 Moseley D. *Proceedings belw ide Cotton Conferences*, January 5~ 8, San Diego, California, USA, 1994 1293~ 1294
- 4 邹帮基. 硫镁国际学术讨论会论文集, 成都: 成都科技大学出版社, 1993 457~ 462
- 5 陈 铭, 尹崇仁. 硫镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集, 成都: 成都科技大学出版社, 1980 333~ 342
- 6 刘 铮. 微量元素农业化学. 北京: 中国农业出版社, 1991. 171~ 186
- 7 曹享云, 刘武定, 皮美美. 现代土壤科学研究. 北京: 农业科技出版社, 1994 672~ 678
- 8 高柳青. 自然资源. 1995 (1): 78~ 82
- 9 胡丽华. 全国第一次中青年棉花科技工作者学术研讨会. 武汉: 中国农学会, 1989 10~ 11
- 10 左东峰, 魏秀梅. 硫镁国际学术讨论会论文集. 成都: 成都科技大学出版社, 1993 462~ 465
- 11 Lou B. *China Cottons*, 1994 21(9): 10~ 11
- 12 中科院新疆资源考察队. 新疆植棉业. 北京: 中国农业出版社, 1994 15~ 85
- 13 陈薇, 张德颐. 植物生理学通讯, 1980 4: 45~ 49
- 14 Baber SA. *Agrons*, 1983, (75): 457~ 461