

石灰性土壤上冬小麦对锌和锰的吸收特点 及锌和锰肥的肥效

薛爱芙 朱丽君 蔡云彤 王为民 朱汉炳

(南京农业大学)

(兴化市土肥站)

(通州市土肥站)

锌、锰是植物不可缺少的微量营养元素,小麦虽属对锌不太敏感的作物,但近年来由于高产品种的引进及 N、P、K 化肥用量的增加,产量不断提高,小麦从土壤中携走的锌量也不断增加,造成石灰性土壤中锌的缺乏。而缺锰现象也常见于排水良好的碱性(或中性的)土壤上。江苏省徐淮及沿海地区的石灰性土壤以种植冬小麦为主,因此研究石灰性土壤上冬小麦对 Zn、Mn 的吸收特点及 Zn、Mn 的肥效,在生产上具有重要的意义。在江苏省南通县土肥站的配合下对锌肥效应及锌锰配施效应设置了两个田间试验,就小麦在不同生育期植株中 Zn、Mn 浓度、吸收量、吸收强度和成熟期在小麦各器官的分配进行了研究。现将这两个试验结果整理如下。

一、材料与方法

(一)田间试验

1. 1991 年 10 月在南通县唐洪乡四大队二队及金沙镇镇南十大队十队进行小麦田间试验,前茬均为水稻,土壤为长江冲积与海相沉积物母质发育的石灰性潮土,其基本性状列于表 1。

表 1 供土壤的基本性状

试验地点	土壤深度 (cm)	全 N (g/kg)	有机质 (g/kg)	有效 P ($\mu\text{g/g}$)	速效 K ($\mu\text{g/g}$)	pH	有效 Zn ($\mu\text{g/g}$)	有效 Mn ($\mu\text{g/g}$)
南通县	0—20	0.92	13.6	5.65	155.0	8.1	0.8	30
唐洪乡	20—40	0.82	11.4	6.75	214.5	8.3	0.8	32
南通县	0—20	0.98	14.1	6.20	69.4	8.1	2.4	21
金沙镇	20—40	0.58	8.9	3.05	54.0	8.2	0.8	25

注:有效 P 用 Olsen 法测定;速效 K 用 $1\text{mol/LNH}_4\text{OAC}$ 浸提;测 pH 的水土比为 1:1;有效 Zn 和有效 Mn 用 DTPA 浸提。

唐洪乡设置 Zn 肥试验,处理为:(I)NPK(CK),(II)NPK+Zn1,(III)NPK+Zn2,(IV)NPK+Zn3。其中 N 肥(N)为 $12.5\text{kg}/\text{亩}$,K 肥(KCl)为 $5\text{kg}/\text{亩}$,P 肥 $[12\%\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)]$ 为 $2.25\text{kg}/\text{亩}$,Zn 肥(ZnSO_4)为:Zn1— $1\text{kg}/\text{亩}$,Zn2— $2\text{kg}/\text{亩}$,Zn3— $3\text{kg}/\text{亩}$, (一半基肥,一半作追肥)。小区面积 0.07亩 ,总面积 1.5亩 ,重复 4 次随机排列。供试小麦品种为扬麦 5 号,1991 年 11 月 7 日播种,20cm 浅条播,1992 年 6 月 5 日收割。

2. 金沙镇镇南的田间试验为锌锰配施试验,处理为:(I)NPK(CK),(II)NPKZn,

(Ⅲ)NPKZn+1%MnSO₄ 喷 3 次(播种后 1 月左右喷第 1 次,然后每隔 7 天喷一次);(Ⅳ)NPKZn+0.05%MnSO₄ 浸种 12 小时(晾干播种)作为对比,处理(1)、(2)、(3)种子均用清水浸 12 小时,晾干播种;在喷 1%MnSO₄ 溶液时,其他处理同时喷清水。上述氮肥(N)为 12.5kg/亩,K 肥(KCl)为 10kg/亩,P 肥(P₂O₅)为 3kg/亩,Zn 肥(ZnSO₄)为 2kg/亩,全作基肥施用。每小区 0.05 亩,总面积 1.2 亩,重复 4 次随机排列;供试小麦品种为扬麦 5 号,1991 年 11 月 2 日播种,20cm 浅条播,1992 年 6 月 2 日收割。

以上两试验均不施有机肥,氮肥 70%作基肥,30%作拔节肥,磷肥全作基肥施,钾肥 50%作基肥,50%作追肥。

(二)样品分析

植株样品:分苗期(月/日)(12/9)、越冬(1/21)、返青拔节(3/13)、齐穗(4/26)、成熟(6/2)6 个生育时期采集各处理 4 个重复多点混合样品。拔节后的样品采回后立即把叶片、叶鞘、茎、穗分开,收获后采籽粒样品,新鲜样品经烘干,称重,求得干物质量,磨细作化学分析用。

土壤样品:采集 0—20cm 耕层土样,多点混合,风干磨细。

测定方法:土壤全 N 用开氏法半微量——蒸馏法;有机质用丘林法;P 用 0.5mol/L NaHCO₃浸提——钼蓝比色法;有效 Zn、Mn 用 DTPA 浸提,原子吸收分光光度计测定;植株中 Zn、Mn 含量采用 1mol/L HCl 浸提,振荡 1.5 小时,过滤——原子吸收分光光度计测定。植株中 N、P、K 用 H₂SO₄—H₂O₂ 消化,消化液中 N 用蔡氏比色法;P 用钼锑抗法;K 用火焰光度法测定。

二、结果与讨论

(一)冬小麦微量元素 Zn、Mn 含量的变化

1. 不同生育时期植株 Zn、Mn 含量的变化

小麦植株中含 Mn 量的变化(表 2)。在越冬前,苗期植株的含 Mn 量低,越冬——返青期间略有下降,在返青——拔节期间植株含 Mn 量最高。尔后,随着植株干物质的增加,植株中的含 Mn 量迅速降低,齐穗以后,下降较为平缓。

植株含 Zn 量的变化在小麦生长过程中呈下降趋势,且与土壤中有效 Zn 含量有关。在正常情况下(金沙 CK),越冬前植株含锌量最高,拔节——齐穗期间植株含锌量骤然下降,这是由于植株干物质重迅速增加引起的稀释效应,从齐穗——成熟,锌浓度稍有增加,可能是由于各器官中锌素向种子转移造成的。从以上可以看出,小麦幼嫩部位和种子的含 Zn 量最高。而在土壤有效 Zn 供应不足时(唐洪 CK),小麦

表 2 小麦不同生育期植株及器官微量元素含量(μg/g)

微 量 元 素		Zn		Mn
地 点		唐洪(CK)	金沙(CK)	金沙(CK)
苗期地上部		33.9	55.6	41.7
越冬地上部		41.5	55.0	45.4
返青地上部		39.9	34.4	44.2
拔 节	地上部	42.3	30.8	47.7
	叶 片	44.7	35.8	48.6
	叶 鞘	38.3	24.1	51.7
	茎	42.9	28.3	37.8
齐 穗	地上部	17.7	21.2	31.8
	叶 片	20.4	22.9	62.4
	叶 鞘	12.4	15.0	33.5
	茎	12.3	14.2	22.4
	穗	41.9	49.3	20.9
成 熟	地上部	21.6	23.3	26.0
	叶 片	23.3	24.1	49.6
	叶 鞘	13.6	14.8	30.0
	茎	10.3	9.0	9.3
	穗	28.8	32.1	32.5
	籽 粒	29.8	32.0	31.0

在拔节期植株体内含 Zn 量达到最高,以后骤降。因而缺 Zn 土壤上的小麦,在拔节前喷施 Zn-SO₄ 有良好的增产效果。

2. 不同器官中 Zn、Mn 含量的差异

锰:从表 2 看出,不同器官含锰量的大小次序是:拔节期为叶鞘 > 叶片 > 茎;齐穗期为叶 > 叶鞘 > 茎 > 穗;成熟期为叶 > 穗 > 叶鞘 > 茎。齐穗以后叶鞘、茎中含锰量大幅度下降,而穗的含量有较大的增加。

锌:不同器官中含锌量亦不同。由表 2 可见,拔节期为叶 > 茎 > 叶鞘;拔节至齐穗,叶、叶鞘、茎中含 Zn 量下降,而穗中含量明显上升。齐穗期和成熟期均为穗 > 叶鞘 > 茎。齐穗期至成熟期,茎、穗中含 Zn 量呈下降趋势。但茎中含 Zn 量下降幅度较小,而穗中含 Zn 量的下降幅度较大。

(二)冬小麦不同生育期时对 Zn、Mn 的吸收

1. 冬小麦对 Zn、Mn 的吸收积累与植株干物质的积累密切相关(麦 3)。小麦从出苗到成熟,随着生长与干物质质量的增加,植株对 Zn、Mn 的吸收积累量逐渐增加。在拔节之前,植株的吸收积累量较少,尔后,吸收积累加快,直到生育后期植株对 Zn、Mn 的吸收能力仍较强,成熟时,植株对 Zn、Mn 的积累达到最大值。

表 3 小麦不同生育期对 Zn、Mn 的吸收数量(地上部)

生育时期		苗期	越冬	返青	拔节	齐穗	成熟
金沙(CK)出苗后天数 (各阶段天数)		30	72 (43)	101 (29)	123 (22)	167 (44)	204 (37)
植株地上部千重	g/株 (%)	0.034 1.13	0.077 2.25	0.170 5.57	0.353 11.57	1.890 61.97	3.050 100
锌	累积吸收量 μg/株	1.91	4.23	5.85	9.76	40.07	71.0
	累积占全量的百分率(%)	2.69	5.96	8.24	13.76	56.44	100
	阶段吸收量 μg/株		2.32	1.62	3.91	30.31	30.93
	阶段吸收占全量百分率(%)		3.27	2.28	5.51	42.69	43.56
	吸收强度 μg/株·日	0.064	0.056	0.178	0.689	0.836	
锰	累积吸收量 μg/株	1.43	3.49	7.51	16.85	60.18	79.20
	累积占全量的百分率(%)	1.80	4.41	9.48	21.27	75.98	100
	阶段吸收量 μg/株		2.06	4.02	9.34	43.33	19.02
	阶段吸收占全量百分率(%)		2.61	5.07	11.79	54.71	24.02
	吸收强度 μg/株·日	0.048	0.047	0.139	0.424	0.985	0.516

2. 阶段吸收量占总吸收量的百分率

从表 3 可见,冬小麦从出苗到越冬前的苗期阶段对 Zn、Mn 的吸收量较少,只占总吸收量的 5.96%与 4.41%。从越冬至翌年返青期,小麦对 Zn、Mn 仍有一定量的吸收,但吸收量很少。越冬前锌、锰的积累量的增加,分别占总吸收量的 2.28%和 5%左右。返青至拔节阶段,植株对 Mn 的吸收量增加,约占总吸收量的 12%,但 Zn 的吸收量仍较少,仅有 5.5%拔节至齐穗阶段是吸收 Zn、Mn 量较大的时期,其吸收量占总吸收量的百分率分别为 43%与 55%,齐穗后,植株对 Zn、Mn 仍有很强的吸收能力,特别是 Zn,此阶段吸收量占总吸收量的 44%,锰则为总吸收量的 24%,这样,在整个生育期,小麦对锌吸收量有两个高峰,即拔节——齐穗期与齐穗——成熟期,锰的吸收高峰也在拔节——齐穗阶段,从理论上证实了小麦为什么喷施 Zn、Mn 肥的效果以拔节期优于其他生育期的事实。

3. 小麦对 Zn、Mn 的吸收强度。

小麦对 Zn 的吸收强度在拔节前较低。从拔节始,齐穗直至成熟,小麦对 Zn 的吸收强度急剧增加(表 3),到成熟期,吸收强度达到最大,其吸收强度为 0.836 μ g/株·日,约为拔节前的 12 倍。据 Mishin(1967 年)报道,在生长阶段,作物吸收 Zn 能力持续增加,一直到成熟期,我们结果与之相同。

小麦对 Mn 的吸收强度以拔节至齐穗阶段最高,平均吸收 0.985 μ g/株·日,其次为齐穗——成熟及拔节前后,小麦在越冬前后对 Mn 的吸收强度都很低。由于齐穗至成熟是小麦籽粒产量的形成期,这时小麦对 Zn、Mn 仍有较强的吸收能力。这表明,如土壤中 Zn、Mn 供应不足,在小麦生育后期补施 Zn、Mn 肥对小麦产量应有良好作用。

(三)Zn、Mn 在植株不同器官中的分配

从表 4 看出,在拔节期,以叶片中 Zn 的绝对含量最大,约占植株积累 Zn 总量的 60%,其次为叶鞘与茎,分别占 24%与 16%,植株在齐穗期则是茎与穗中 Zn 的绝对含量最多,分别占全株总吸收量的 36%与 33%,叶片与叶鞘所占比例下降,到成熟期,Zn 在各器官中的分配比例则为穗中最高,约占 79%,茎、叶鞘、叶片中 Zn 的分配比例依次减少。

表 4 微量元素 Zn、Mn 在小麦各器官间的分布状况(金沙乡,CK)

生 育 期		拔 节 期				齐 穗 期					成 熟 期				
		叶片	叶鞘	茎	全株	叶片	叶鞘	茎	穗	全株	叶 片	叶鞘	茎	穗	全株
Mn	μ g/株	8.76	5.78	3.31	16.85	18.61	12.64	21.21	7.73	60.19	4.50	9.67	8.27	56.75	79.19
	占全株%	59.32	24.75	15.93	100	30.92	21.0	35.24	12.84	100	5.68	12.22	10.44	71.66	100
Zn	μ g/株	6.45	2.26	1.73	1087	6.83	5.66	14.39	13.19	40.07	2018	4.77	8.00	56.05	71.0
	占全株%	59.34	24.75	15.91	100	17.04	14.13	35.91	32.92	100	3.07	6.72	11.27	18.94	100

锰在各器官间的分配特点是:拔节期与 Zn 相似,叶片 >叶鞘 >茎,分别占全株累积量的 52%,34%与 14%。到齐穗期则是茎与叶中的绝对含量为最大,分别占全株的 35%与 31%,穗中最小,约 13%;而在成熟期,以穗中分配比例最大,增加至 72%,茎中分配比例大幅度下降,锰在植株各器官间的分配状况为穗 >叶鞘 >茎 >叶。

锌在植物体内是容易移动的,从表 4 可以看出,拔节至齐穗,叶、叶鞘、茎中 Zn 的累积量都增加,这是由于该阶段植株吸收强度猛增造成的(表 3)。从齐穗到成熟,叶、叶鞘与茎中的累积降低了,这说明其发生了转移。穗中 Zn 累积量占全株的 79%,且主要累积在籽粒中,其浓度达 32 μ g/g(表 2)。从小麦体内 Zn 的平衡看,从齐穗——成熟叶子中输出 4.46 μ gZn/株,叶鞘输出 0.89 μ gZn/株,茎输出 6.39 μ gZn/株,同时又从土壤中吸收 30.93 μ gZn/株(表 3)。叶、茎、鞘输出的加大从土壤中吸收的(共 42.86 μ gZn/株)正好等于穗子中输入的量,这说明小麦体内 Zn 是平衡的。

锰与锌相比,它们在植物体中的累积和分配是不同的,锰的流动性比锌小。这表现在成熟期 Mn 在穗部累积量所占比例比锌小,滞留在叶鞘中的较多而茎中较少,说明齐穗——成熟期间,茎中 Mn 向穗部转移茎中 Mn 的累积量明显下降。从小麦体内 Mn 平衡来看,齐穗——成熟期,叶子输出 14.11 μ gMn/株,叶鞘输出 2.97 μ gMn/株,茎输出 12.94 μ gMn/株,加上此阶段从土壤中吸收的 Mn19.02 μ gMn/株(表 3),共 49.04 μ gMn/株,与穗中输入的量(49.02 μ gMn/株)几乎相等,说明小麦体内的 Mn 也是平衡的。

(四)冬小麦上施 Zn、Mn 肥的效应

表 5 各处理在小麦不同生育时期植株中地上部含 Zn 量变化(μg/g)

元素及地点	处 理	苗 期	越 冬	返 青	拔 节	齐 穗	成 熟
Zn 唐洪乡	I NPK	33.9	41.5	39.9	42.3	17.7	21.6
	II NPKZn1	39.9	46.2	33.0	48.5	19.7	23.3
	III NPKZn2	42.0	51.9	39.9	49.8	22.5	22.6
	IV NPKZn3	42.6	51.5	36.5	79.9	21.8	24.0
Mn 金沙镇	I NPK	41.7	45.4	44.2	47.7	3108	26.0
	II NPKZn1	48.8	44.6	50.6	43.1	34.1	25.6
	III NPKZn2 (喷)	60.6	122.8	93.1	45.7	32.1	28.6
	IV NPKZn3 (浸)	63.3	41.8	49.2	46.3	27.7	28.4

1. 施用 Zn、Mn 肥对小麦植株体内 Zn、Mn 含量的影响

从表 5 可以看出,施 Zn 能提高小麦地上部各生育期含锌浓度(越冬至返青除外),其中处理 IV 由于拔节前追施肥一次,使拔节期植株体内聚集大量 Zn 素,最后转移到穗部籽粒中,其穗部含 Zn 量达到 31.3μg/g(表 6),在 4 个处理中最高,与对照相比,增加 8.7%,其它处理 II III 分别增加 6.9% 与 5.9%。这说明,基施 1kg ZnSO₄/亩能显著提高籽粒中含 Zn 量,如在拔节前再追施一次,效果更好。

表 6 施 Zn 肥后各处理小麦穗部含 Zn 量变化(μg/g)

试 验 处 理	I (CK)	II	III	IV
穗部含 Zn 量	28.8	30.8	30.5	31.3
与对照相比增加(%)	100	106.9	105.9	108.7

表 7 施 Zn、Mn 肥对植株体内 Zn、Mn 分布的影响

微 量 元素	试 验 处 理	生 育 期	分布状况占全株总量(%)				微 量 元素	试 验 处 理	生 育 期	分布状况(占全株总量%)			
			叶 片	叶 鞘	茎	穗				叶 片	叶 鞘	茎	穗
锌 唐洪乡	I	齐 穗	19.0	12.6	33.6	32.6	锰 金沙镇	I	齐 穗	30.9	21.0	35.2	12.8
		成 熟	4.7	7.0	13.5	74.8			成 熟	5.7	12.2	10.5	71.7
	II	齐 穗	17.3	16.2	38.0	28.5		II	齐 穗	30.8	22.6	34.8	11.9
		成 熟	3.5	8.5	12.8	75.3			成 熟	8.4	12.4	8.9	70.74
	III	齐 穗	16.1	17.0	40.7	26.1		III	齐 穗	26.6	23.0	40.3	10.1
		成 熟	7.6	5.9	12.0	74.5			成 熟	5.5	11.8	9.2	73.55
	IV	齐 穗	21.2	17.4	33.9	27.5		IV	齐 穗	29.6	21.5	38.2	10.7
		成 熟	7.3	6.8	8.4	77.4			成 熟	5.5	11.1	10.8	72.7

表 8 Zn、Mn 肥对冬小麦产量的影响(1991—1992)

试 验 处 理		唐洪乡锌肥试验				金沙镇锌锰肥试验			
		I (CK)	II	III	IV	I	II	III	IV
产 量	kg/亩	303.5	323	312.5	353	66	367	362	
	%	100.0	103.8	106.4	105.0	100	103.7	104.0	102.5
有效穗(万/亩)		27.57	24.12	24.32	25.62	28.92	28.96	29.75	29.42
实粒数/穗		42.8	44.4	46.8	44.13	34.55	32.95	35.25	34.5
千粒重(g)		40.8	41.8	42.8	42.1	43.5	45.0	44.4	44.5

从表 5 看出,施 Mn 肥对小麦体内含 Mn 量也有影响,以拔节前影响较大,拔节、齐穗期间没有影响,直至成熟期提高植株体内 Mn 浓度,处理中以处理 III 喷 Mn(3 次)+NPKZn 效果明显。

2. 施 Zn、Mn 肥对小麦体内 Zn、Mn 分配状况的影响

从表 7 可以看出,施 Zn 肥能影响 Zn 在不同生育期各器官间的分配比例。在齐穗期可以提高茎与叶鞘中 Zn 的绝对含量,而穗中分配比例相对降低,在成熟期则显著降低茎中 Zn 的分配比例,提高穗中含 Zn 比例。处理中以处理 IV 的作用较显著,这与上一点所述相一致。对于施锰肥,也可以改变各器官间 Mn 的分配比例。在单施 Zn 肥时,则降低了穗部 Mn 的分配比例。而在 Zn、Mn 配施时,无论是喷 Mn 还是 Mn 液浸种,都可以在齐穗期增加茎与叶鞘中 Mn 的绝对含量,而在成熟期提高穗中 Mn 的分配比例,以喷 Mn3 次效果较好。

3. 施 Zn、Mn 肥对小麦产量的影响

大田试验结果(表 8)表明,当 DTPA 浸提的土壤有效 Zn 达 $0.8\mu\text{g/g}$ 以上, $P/Zn < 10$ (P 为土壤有效磷),有效 Mn 含量达到 $21\mu\text{g/g}$ 以上时,单施 Zn 肥与 Zn、Mn 配施都有所增产(增产的原因是千粒重增加约 $1-2\text{g}$),但经 F 检验效果均不显著。

三、结 语

1. 冬小麦在不同生育期,植株体中 Mn 含量变化是一单峰曲线,以拔节前后最高。而植株含 Zn 量的变化在生育过程中呈下降趋势。

2. 冬小麦在拔节至齐穗阶段对 Zn、Mn 的吸收强度及阶段吸收量均较高,由此可以认为,小麦拔节期前是 Zn、Mn 施肥的关键时期。齐穗至成熟阶段对 Zn、Mn 仍有较强的吸收能力,这表明,在小麦生育后期补施 Zn、Mn 肥对小麦产量应也有良好作用。

3. 冬小麦对 Zn、Mn 的吸收积累,随着干物质量的增加而逐渐增加。在成熟期,Zn、Mn 在各器官中分配比例均为穗中最高,分别占总吸收量的 79%和 72%,这也说明 Zn、Mn 对小麦籽粒的形成过程中重要性。

4. 在 DTPA 浸提的土壤有效 Zn 含量达 $0.8\mu\text{g/g}$, $P/Zn < 10$ 时(P 指土壤有效磷),土壤有效 Mn 含量为 $21\mu\text{g/g}$ 以上,单施 Zn 及 Zn、Mn 配施均有所增产。增产的主要原因是千粒重的增加。但本试验经 F 检验效果均不显著。

参 考 文 献

- [1] 王振林等,冬小麦微量元素吸收特点的研究,山东农业大学学报,20(3):27—32,1989。
- [2] 张燕卿,小麦锌素营养初报,土壤肥料,(5):38—39,1991。
- [3] 褚天铎等,小麦施 Zn 肥效果及使用技术的研究,土壤肥料,(4):24—26,1987。
- [4] 尹崇仁等,冬小麦锰肥锌配合施用效应,山西农业科学,8:8—10,1989。
- [5] 南京农学院主编,土壤农化分析,农业出版社,1980。