第3卷 第2期 植物营养与肥料学报 Vol.3 No.2
1997年6月 PLANT NUTRITION AND FERTILIZER SCIENCE Jun. 1997

锌、锰与含氯氮肥配施对冬小麦子粒营养品质的影响

石孝均 毛知耘 周则芳

(西南农业大学资源与环境学院,重庆 630716)

摘 要

采用田间试验与盆栽试验相结合的方法,研究了N、Zn、Mn平衡施用和含Cl氮肥(NH_4Cl)中Cl对小麦子粒粗蛋白质和氨基酸营养品质的影响。结果表明,施N提高了小麦子粒粗蛋白质和各种氨基酸含量,但必需氨基酸在蛋白质中的比率下降。施适量的Zn能增加小麦子粒粗蛋白质和必需氨基酸含量,提高了小麦子粒的营养价值。施Mn对小麦子粒粗蛋白质和氨基酸总含量影响不大,但提高了必需氨基酸含量,对小麦子粒品质有一定的改良作用。N-Zn、N-Mn和Zn-Mn对小麦粗蛋白质和氨基酸含量的影响均为正连应。N、Zn、Mn平衡施用既能增加小麦子粒蛋白质和氨基酸总含量,又提高了蛋白质中必需氨基酸的比例,改善了小麦子粒的营养品质。含氯氮肥中适量Cl能增加小麦子粒蛋白质和氨基酸含量,且不影响蛋白质的营养价值。

关键词 锌 锰 氮 氯 冬小麦 蛋白质 氨基酸

小麦是我国主要的粮食作物,其品质的好坏显得十分重要。小麦品质包括物理品质、营养品质和加工品质。营养品质系指小麦子粒中含有为人体所需要的营养成分,如蛋白质、氨基酸、糖及矿物质等,营养品质的高低主要由蛋白质含量及组成蛋白质的氨基酸种类决定[1]。小麦营养品质既受遗传控制,也受环境条件的影响。业已证明,小麦子粒蛋白质含量变异性大,主要受环境因素的影响;而遗传因素影响较小,只占总变量的40%左右[2,3]。在环境因素中,施肥的影响作用最大。施肥对小麦品质的影响,以往多从大量营养元素氮、磷、钾肥的影响进行研究,尤其在氮肥用量和施用期对蛋白质和氨基酸的影响方面作了大量工作[4~6]。而对微量养分锌、锰、氯及其与氮的平衡施用对小麦子粒营养品质的影响研究较少。过去的一些研究表明,氮是影响小麦子粒品质最为活跃的因素,它能提高小麦子粒蛋白质和氨基酸含量,但却使必需氨基酸的比例降低,从而降低了蛋白质的营养价值;锰能提高蛋白质含量,缺锰时,可溶性N、天门冬氨酸、精氨酸积累,而其它氨基酸含量则下降[7];缺锌积累了大量酸性氨基酸而抑制了蛋白质形成,施锌能提高蛋白质的含量[7~9];氯能提高蛋白质的含量[7,10],且对小麦品质无不良影响[11]。但这些研究仅对单因素效应作了讨论,而对它们的综合效应尚缺乏进一步研究。为此采用田间试验与盆栽试验相结合的方法就这一问题进行了探讨。

收稿日期:1996—04—04

一、材料与方法

(一)供试土壤和作物

供试作物选用四川省大面积种植的冬小麦品种绵阳15号；土壤选用钙质紫色土，质地中壤，pH7.93、$CaCO_3$ 7.13%、有机质1.05%、全N0.0863%、碱解N38.1mg/kg、有效Zn和有效Mn(DTPA浸提)分别为0.5mg/kg和4.1 mg/kg、水溶Cl 20.8mg/kg。

(二)试验设计

1. 田间试验　试验在四川省射洪县紫云镇进行。在磷、钾肥底的基础上采用N(以NH_4Cl为N源)、Zn、Mn三因素五水平D饱和最优回归设计(共12个处理)，研究含氯氮肥与锌、锰肥配施对冬小麦产量和品质的影响。处理代码见表1。施用量(F，kg/hm^2)与代码(X)的关系为：

$$F = X \times F_{max}$$

N、Zn、Mn最大设计用量(F_{max})分别为每公顷210kgN、150kg$ZnSO_4$(含Zn23%)、150kg$MnSO_4$(含Mn26%)。其中Zn和Mn肥作基肥一次施用，N肥用NH_4Cl(含N 25%，Cl 67%)采用60%基肥、40%追肥方法施用。P和K分别用普钙(P_2O_5 150kg/hm^2)和K_2SO_4(K_2O 150kg/hm^2)作肥底一次施用。为了比较含氯氮肥(NH_4Cl)与不含氯氮肥(尿素)对小麦营养影响的差异，另增设4个处理：(1)N_{Cl}-105，(2)N_{Cl}-180，(3)N_u-105，(4)N_u-180。(1)和(2)处理是以NH_4Cl为N源的含氯处理，施N量105kg/hm^{2}和180kg/hm^2，带入的Cl量分别为281.4kg/hm^{2}和482.4kg/hm^2；(3)和(4)处理是以尿素为N源的不含氯处理，施N量与含Cl处理相同。N肥采用60%基+40%追。这4个处理均用普钙(P_2O_5 150kg/hm^2)、K_2SO_4(K_2O 150kg/hm^2)、$ZnSO_4$ 75kg/hm^{2}和$MnSO_4$ 75kg/hm^{2}作肥底一次施用。小区面积1.34m^2，重复3次，随机区组排列。

表 1　田间试验处理代码

Table 1　Marks of treatments in field experiment

代码 Marks	处理号 Treatments no.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X_N	0.5	0.5	0.14	0.86	0.14	0.86	1	0	0.5	0.5	0.5	0
X_{Zn}	0.5	0.5	0.14	0.14	0.86	0.86	0.5	0.5	1	0	0.5	0
X_{Mn}	1	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0

2. 盆栽试验　试验分为A、B两组，A组是以NH_4Cl为N源的含氯处理，B组是以尿素为N源的不含氯处理。A、B两组的处理和施肥量均相同，共设5个处理：(1)PK、(2)NPK、(3)NPKZn、(4)NPKMn、(5)NPKZnMn；施肥量为每kg土施N 0.2g、P_2O_5 0.16g(普钙)、K_2O 0.1g(K_2SO_4)、Zn 7.5mg($ZnSO_4$)、Mn7.5mg($MnSO_4$)。采用20cm×20 cm的米氏钵，每钵装土5kg，将肥料与土壤混匀一次施用，每处理重复4次。试验期间土壤用去离子水浇灌。

(三)测定方法

子粒粗蛋白用开氏法测定；氨基酸用835－50高速氨基酸自动分析仪测定；茎叶和子粒中Zn和Mn用HNO_3-$HClO_4$消解，AAS法测定；Cl用$AgNO_3$容量法测定。

二、结果与讨论

(一)氮、锌、锰对小麦子粒粗蛋白质含量的影响

蛋白质含量的多少是评价小麦营养品质的重要指标。由表2可见，无论是含氯氮肥还是不含氯氮肥与锌、锰配施，对子粒粗蛋白质的效用基本一致。N和Zn的施用显著提高了小麦子粒

粗蛋白含量，N的作用最大，施Mn则显著提高了蛋白质生产量。在肥底PK的基础上施N肥，小麦子粒粗蛋白质含量增加26.7%，粗蛋白质生产量增长168.2%；在NPK的基础上施Zn，粗蛋白质含量提高9.8%；在NPK的基础上施Mn对小麦子粒粗蛋白质含量的增加不明显，但在缺Mn的土壤上施Mn肥，小麦子粒产量显著增加，蛋白质生产量也显著提高(20%)。各处理中以NPKZnMn配施处理粗蛋白含量和生产量均最高，与PK和NPK处理相比，差异极显著。以上结果表明，在肥底PK基础上，N与Zn配合施用能显著地提高蛋白质含量；N与Mn配合能显著提高子粒和蛋白质生产量；N-Zn-Mn配合既能提高粗蛋白质含量、也能提高产量，达到优质高产。

表 2 盆栽试验冬小麦子粒产量和粗蛋白质含量

Table 2 Content and yield of crude protein in grain of the winter wheat on the pot experiment

处理 Treatments	粗蛋白含量(g/kg) Content of crude protein		粗蛋白产量(g/pot) Yield of crude protein		籽粒产量(g/pot) Yield of grain	
	A组 (Cl treatment)	B组 (No Cl treatment)	A组 (Cl treatment)	B组 (No Cl treatment)	A组 (Cl treatment)	B组 (No Cl treatment)
PK	101c C	101c C	1.1d C	1.1d C	10.8c C	10.8c
NPK	131b B	125b B	3.0c B	2.9c B	22.9b B	23.0b
NPKZn	142a AB	139a AB	3.3bc AB	3.2bc AB	23.2b B	23.0b
NPKMn	133b B	128b B	3.6ab AB	3.5ab AB	27.1a A	27.8a
NPKZnMn	146a A	144a A	4.0a A	3.9a A	27.4a A	27.2a

注：表中数字在5%水平上差异显著以不同的小写字母标出，在1%水平上差异以不同的大写字母标出，SSR法。(以下各表同)
Values within columns followed by dissimilar small letter significantly at p = 0.05 level and dissimilar capital letter significantly at p = 0.01 level according to Duncan's Multiple Range Test. This note is also available in the following tables.

田间试验结果(表3)与盆栽试验结果相似，施N提高了蛋白质含量，且随着施N量的增加粗蛋白含量显著提高。例如，施N量为0.86和1水平的第4、6、7处理小麦子粒粗蛋白含量显著高于0.5水平的第1、2、9、10和11处理。施Mn则显著提高子粒产量和蛋白质生产量，如在N和Zn用量相同的基础上，施Mn的第11和1处理与不施Mn的第2处理相比，蛋白质含量差异不显著，但蛋白质产量和子粒产量前者显著高于后者。本试验为多因子多水平试验，由于交互效应的存在，任一因素对蛋白质的作用均受其余二因素施肥水平的制约，难以从直观上分析某一因素的效用。为了定量地描述N、Zn、Mn肥施用量与小麦子粒蛋白质含量的关系，寻求高蛋白质含量的优化配方，采用三元二次方程函数模型来拟合施肥水平与蛋白质含量的关系，将田间试验12个处理的子粒粗蛋白质含量代入三元二次函数模型，计算得小麦子粒粗蛋白质含量Yp与N、Zn、Mn施肥水平的回归方程：

$$Y_p = 89.38 + 30.95X_N + 18.4X_{Zn} + 9.12X_{Mn} + 2.71X_NX_{Zn} + 7.43X_NX_{Mn} + 8.55X_{Zn}X_{Mn} + 8.42X_N^2 - 22.52X_{Zn}^2 - 16.03X_{Mn}^2$$

表 3 田间试验冬小麦子粒粗蛋白含量和产量

Table 3 Content and yield of crude protein in grain of winter wheat on field experiment

项目 Item	处理号 Treatment NO.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蛋白质含量(g/kg)	111.3bB	110.6bBC	96.3cC	127.9aA	105.2bC	128.9aA	135.6aA	96.9cBC	106.1bBC	110.6bBC	113.4bBC	88.6dC
蛋白质产量(kg/hm²)	540bBC	453cCD	397cdD	642aA	458cCD	657aA	644aA	351deDE	523bBC	533bBC	573bAB	296eE
子粒产量(kg/hm²)	4855bcB	4095eD	4125eCD	5020abAB	4358dC	5097aA	4748cB	3622fF	4930bAB	4826bcB	5055aAB	3370gG

回归方程$F_{拟合}=19.42^{**}>F_{0.05}=19.38$，复相关系数$R^2=0.997^{**}$，Y与Y的相关系数$r=0.999^{**}$。表明方程与实测值拟合好，有较高的可靠性。由方程一次项和二次项回归系数可见，对粗蛋白质含量影响的大小顺序为N>Zn>Mn，方程交互项系数均为正值，表明N-Zn、N-Mn和Zn-Mn配合对蛋白质含量均为正连应，与盆栽试验结果一致。

根据方程，模拟仿真得到125套N、Zn、Mn组合及相应的粗蛋白质含量，以试验最高粗蛋白含量135.6g/kg的90%作标准，采用频数分析法求得高蛋白质含量的最优组合为：$N_{0.86\sim1}Zn_{0.14\sim0.86}Mn_{0.25\sim0.75}$，即每公顷施N160～210kg、$ZnSO_4$21～129kg、$MnSO_4$37.5～112.5kg，小麦子粒粗蛋白质含量可达122g/kg以上。

（二）氮、锌、锰对小麦子粒氨基酸含量的影响

1. 对小麦子粒中氨基酸含量的影响　组成蛋白质的氨基酸数量和种类是评价小麦营养品质的又一重要指标。表4和表5资料说明，N、Zn、Mn不同组合17种氨基酸含量均受到影响。受施肥影响最大的是脯氨酸，变异系数（CV）为18%（表5）；其次为丙氨酸和甘氨酸，CV为16%；再次为谷氨酸和蛋氨酸，CV为14%；受施肥影响最小的是赖氨酸和苏氨酸，CV分别为数8.3%和8.9%。

表 4　盆栽试验（A组）小麦子粒氨基酸含量（g/kg）

Table 4　Content of amino acid in grain of winter wheat in pot experiment

项目 Item	PK	NPK	NPKZn	NPKMn	NPKZnMn
天门冬氨酸 Asp.	5.8b	7.1a	7.2a	6.9a	7.5a
苏氨酸 Thr.	3.3b	4.2a	4.7a	4.4a	4.7a
丝氨酸 Ser.	4.7b	6.3a	6.5a	6.3a	6.9a
谷氨酸 Glu.	27.5b	41.3a	41.4a	39.4a	42.2a
甘氨酸 Gly.	3.7c	4.8b	5.3ab	5.1ab	5.6a
丙氨酸 Alg.	3.3c	4.1b	4.6ab	4.4ab	4.8a
色氨酸 Try.	2.0c	2.3bc	2.7a	2.5ab	2.7a
颉氨酸 Val.	4.3c	5.4b	6.4a	5.7ab	6.4a
蛋氨酸 Met.	1.6c	2.0b	2.3ab	2.2ab	2.4a
异亮氨酸 Iso.	3.3b	4.4a	4.9a	4.4a	5.0a
亮氨酸 Leu.	6.7b	8.7a	10.3a	9.4a	10.5a
酪氨酸 Tyr.	3.6b	4.6a	4.7a	4.7a	4.7a
苯丙氨酸 Phe.	4.4c	5.5b	6.5a	5.7b	6.6a
赖氨酸 Lys.	2.8c	3.4bc	4.1a	3.8ab	4.2a
组氨酸 His.	2.0b	2.6a	3.0a	2.7a	3.1a
精氨酸 Arg.	4.6c	5.8b	6.4ab	6.3ab	6.9a
脯氨酸 Pro.	10.5b	16.9a	16.6a	15.8a	16.7a
必需氨基酸 EA	28.4dC	35.9cB	41.9aA	38.1bB	42.5aA
酸性氨基酸 AA	33.3cB	48.4aA	48.6aA	46.3bA	49.7aA
碱性氨基酸 BA	9.4cC	11.8bB	13.5aAB	12.9abAB	14.2aA
总　量 TA	94.1cB	129.4bA	137.6aA	129.7bB	140.9aA
必需占总量的%	30.2	27.7	30.4	29.4	30.2

N、Zn、Mn对氨基酸的影响大小仍然为N>Zn>Mn。在PK基础上施N，除赖氨酸和色氨酸外，其它各种氨基酸含量均增加，以脯氨酸和谷氨酸的增加幅度最大，分别为61.0%和50.2%

(表4)。氨基酸总含量和必需氨基酸含量分别增加37.1%和26.2%,但必需氨基酸占氨基酸总量的比例却下降,由30.2%下降为27.7%。在NPK的基础上施Zn,显著提高了赖氨酸、苯丙氨酸、颉氨酸、色氨酸、必需氨基酸和碱性氨基酸含量。必需氨基酸占氨基酸总量的比例升高到30%,表明施Zn有利于必需氨基酸的形成,提高小麦子粒的营养价值。施Mn对氨基酸总量影响不大,但显著提高了必需氨基酸含量,降低了酸性氨基酸含量,对子粒品质有一定的改良作用。

表 5 田间试验12个处理小麦子粒氨基酸含量(%)

Table 5 Content of amino acid in grain of wheat in field experiment

项目 Item	处理号 Treatments 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均 Aver.	CV (%)
天门冬氨酸	0.66	0.63	0.54	0.63	0.62	0.71	0.62	0.54	0.58	0.62	0.61	0.51	0.61	9.1
苏氨酸	0.39	0.39	0.33	0.39	0.37	0.43	0.38	0.33	0.35	0.37	0.37	0.31	0.37	8.9
丝氨酸	0.63	0.57	0.46	0.57	0.52	0.62	0.57	0.47	0.50	0.55	0.55	0.42	0.54	11.8
谷氨酸	3.52	3.35	2.67	3.60	3.12	3.97	3.77	2.74	3.05	3.43	3.34	2.38	3.22	14.4
甘氨酸	0.60	0.48	0.36	0.46	0.43	0.50	0.47	0.40	0.39	0.42	0.45	0.33	0.44	16.1
丙氨酸	0.52	0.42	0.31	0.39	0.37	0.43	0.39	0.32	0.34	0.36	0.39	0.29	0.38	16.4
色氨酸	0.21	0.23	0.19	0.23	0.18	0.24	0.22	0.19	0.21	0.20	0.22	0.18	0.21	9.7
颉氨酸	0.49	0.51	0.41	0.51	0.47	0.57	0.52	0.43	0.44	0.48	0.50	0.38	0.48	11.0
蛋氨酸	0.17	0.18	0.15	0.20	0.17	0.20	0.21	0.14	0.15	0.19	0.17	0.14	0.17	14.2
异亮氨酸	0.38	0.40	0.33	0.41	0.37	0.45	0.42	0.33	0.35	0.39	0.39	0.30	0.38	11.3
亮氨酸	0.75	0.79	0.64	0.80	0.73	0.89	0.83	0.66	0.70	0.76	0.78	0.59	0.74	11.5
酪氨酸	0.43	0.42	0.33	0.41	0.36	0.42	0.40	0.34	0.35	0.40	0.41	0.32	0.38	10.4
苯丙氨酸	0.49	0.52	0.42	0.53	0.48	0.59	0.55	0.43	0.47	0.50	0.50	0.39	0.49	11.6
赖氨酸	0.33	0.36	0.29	0.34	0.34	0.38	0.34	0.32	0.31	0.32	0.36	0.29	0.33	8.3
组氨酸	0.23	0.24	0.19	0.24	0.23	0.28	0.25	0.21	0.21	0.23	0.24	0.18	0.23	11.7
精氨酸	0.52	0.57	0.44	0.55	0.53	0.62	0.56	0.19	0.48	0.51	0.55	0.41	0.52	11.2
脯氨酸	1.17	1.26	0.91	1.52	1.06	1.49	1.48	1.17	1.10	1.47	1.44	0.97	1.25	17.6
必需氨基酸	3.23	3.38	2.76	3.42	3.16	3.76	3.50	2.85	2.98	3.24	3.31	2.58	3.18	10.6
氨基酸总量	11.22	11.32	8.97	11.78	10.35	12.76	11.98	9.51	9.98	11.20	11.27	8.39	10.73	12.1
必需占总量%	28.79	29.95	30.77	29.03	30.53	29.49	29.21	29.97	29.86	28.93	29.37	30.75	29.72	2.3
酸性氨基酸	3.91	3.98	3.21	4.23	3.74	4.68	4.39	3.29	3.63	4.05	3.95	2.89	3.83	13.4
碱性氨基酸	1.08	1.17	0.92	1.13	1.10	1.27	1.15	1.02	1.00	1.06	1.15	0.88	1.08	10.2

将表5中氨基酸总含量代入三元二次方程计算得氨基酸总含量与N、Zn、Mn施肥水平的回归方程:

$$Y_A = 85.77 + 69.23X_N + 29.71X_{Zn} - 3.62X_{Mn} + 14.68X_NX_{Zn} + 15.68X_NX_{Mn} + 49.76X_{Zn}X_{Mn} - 38.30X_N^2 - 44.21X_{Zn}^2 - 25.31X_{Mn}^2$$

方程$F_{拟合} = 19.88^{**}$,$R^2 = 0.996^{**}$,实测值与理论值相关系数$r = 0.997^{**}$,表明方程可靠。由方程交互项系数可知,N-Zn、N-Mn、Zn-Mn之间均为正效应,说明N、Zn、Mn配合施用能提高小麦氨基酸含量。以实际最高氨基酸含量127.6g/kg的90%为标准,由方程求得氨基酸含量的最优组合为$N_{0.6\sim1}Zn_{0.14\sim0.86}Mn_{0.25\sim0.75}$。

将表3中子粒产量代入三元二次函数模型,计算得小麦子粒产量与N、Zn、Mn施肥水平的回归方程:

$$Y=(218.31+241.48X_N-15.58X_{Zn}+143.78X_{Mn}+3.73X_NX_{Zn}+26.73X_NX_{Mn}+39.97X_{Zn}X_{Mn}-184.60X_N^2+1.14X_{Zn}^2-146.23X_{Mn}^2)\times 15$$

方程$F=30.05^{**}$，$R^2=0.9998^{**}$，方程可靠。以实际最高产量5097kg/hm²的95%为标准，求得高产、高效的施肥组合为$N_{0.5\sim0.86}Zn_{0\sim0.14}Mn_{0.25\sim0.5}$。由此看出，获得高蛋白质和氨基酸含量要比获得高产量需要的养分多，这与前人研究结果一致。为达到经济高产优质的目的，综合上述施肥组合得到高产优质高效的N、Zn、Mn施肥组合为：$N_{0.86}Zn_{0.14}Mn_{0.25\sim0.5}$，即每公顷施N 180kg、$ZnSO_4$ 21kg、$MnSO_4$ 37.5～75kg。

2. 对小麦子粒粗蛋白质中必需氨基酸含量的影响　必需氨基酸的含量与配比决定蛋白质的质量。为了更准确地评价N、Zn、Mn对小麦子粒蛋白质品质的影响，分析了必需氨基酸在粗蛋白质中的比例(表6)。从表6可见，在肥底PK基础上施N显著降低了蛋白质中赖氨酸、颉氨酸和色氨酸含量。因为施N虽然提高了小麦子粒中蛋白质和各种氨基酸含量，但一些必需氨基酸(如赖氨酸、颉氨酸和色氨酸)含量的增加不如蛋白质含量增加快。由于稀释效应使小麦子粒粗蛋白质中必需氨基酸含量反而下降，降低了蛋白质质量。由表6还可以看出，在NPK基础上施Zn、Mn或Zn、Mn配施，显著提高了小麦子粒粗蛋白质中除异亮氨酸和苏氨酸以外的必需氨基酸含量，说明Zn和Mn能提高小麦子粒蛋白质的营养价值，Zn的效应要大于Mn。

表 6　不同处理小麦子粒粗蛋白质中必需氨基酸含量、FAO/WHO氨基酸含量模式(mg/g蛋白质)和氨基酸评分

Table 6　Contents of amino acids in crude protein, amino acid content model of FAO/WHO(mg/g protein) and amino-acid-scores

氨基酸 Amino ascid	FAO/WHO 氨基酸模式	小麦子粒粗蛋白质中氨基酸含量 Content of amino acid in crude protein of wheat grain				
		PK	NPK	NPKZn	NPKMn	NPKZnMn
颉氨酸	50	42.6c BC	41.2d C	45.1a A	42.9bc BC	43.8b AB
亮氨酸	70	66.3b A	66.4b A	72.5a A	70.7a A	71.9a A
异亮氨酸	40	32.7b B	33.6ab AB	34.5a A	33.1b AB	34.2a AB
苏氨酸	40	32.7a	32.1a	33.1a	33.1a	32.2a
苯丙氨酸	60	43.6bc AB	42.0c B	45.8a A	42.9c AB	45.2ab AB
蛋氨酸	35	15.8ab AB	15.3b B	16.2a AB	16.5a A	16.4a A
赖氨酸	55	27.7a AB	26.0b B	28.9a A	28.6a A	28.8a A
色氨酸	10	19.8a	17.6b	19.0a	18.8a	18.5ab
氨基酸评分 amino-acid-scores	100	50.4a AB	47.3b B	52.5a A	52.0a A	52.4a A

8种必需氨基酸的配比有个基本标准(表6)[12]，对照基本标准可看出，小麦子粒蛋白质的限制氨基酸为赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、颉氨酸、苏氨酸和异亮氨酸，其中赖氨酸为第一限制性氨基酸。由于是人体所必需的首要氨基酸，因而赖氨酸的含量常被当作评定食品蛋白质营养价值的指标而广泛应用。表6中氨基酸评分是以化学计算值评价蛋白质营养价值[12]。其中：

$$\text{氨基酸评分(化学计算值)}=\frac{\text{每克待评蛋白质中赖氨酸含量(mg)}}{\text{每克参考蛋白质中赖氨酸含量(mg)}}\times 100$$

由氨基酸评分结果进一步证实，施N肥显著降低了蛋白质质量，在N基础上施Zn、施Mn和Zn、Mn配施均能弥补N对蛋白质品质的不利影响。因此，N与Zn、Mn肥配合施用既能增加小麦子

粒粗蛋白质和氨基酸含量，又能提高小麦子粒蛋白质的营养价值。

(三)氯对小麦子粒蛋白质和氨基酸含量的影响

含氯N肥对子粒蛋白质和各种氨基酸含量的效应在田间和盆栽试验中基本一致。在等N条件下，含Cl处理小麦子粒中粗蛋白质含量、必需氨基酸和非必需氨基酸含量及17种氨基酸总量均较不含Cl处理有不同程度的增加(表7)。其中以非必需氨基酸含量提高最多，增长率为10.3%；其次是氨基酸总量，提高了9.4%；必需氨基酸提高7.6%。随着施N量的增加，含Cl处理对各类氨基酸和蛋白质含量的提高幅度增加。当施N量为105kg/hm²时，含Cl处理必需氨基酸、非必需氨基酸和氨基酸总量分别增长3.1%、7.6%、6.2%，而施N量提高到180kg/hm²时，则分别增长11.6%、12.8%、12.4%。在17种氨基酸中，脯氨酸、蛋氨酸和谷氨酸在含Cl处理的增长率最高，分别为18%、15%和13%；色氨酸和赖氨酸的增长最低，分别为2.2%和4.3%；其余12种氨基酸的增长率在7%～10%之间。

表 7 田间试验氯对小麦子粒粗蛋白质和氨基酸含量的影响(g/kg)

Table 7 Effect of Cl application on amino acid and protein content in wheat grain in field exepriment (g/kg)

氨基酸 Amino acid	含Cl处理 Cl treatment		不含Cl处理 No Cl treatment		含Cl处理比不含Cl处理增加%
	N_{Cl}-105(Cl,281.4)	N_{Cl}-180(Cl,482.4)	N_u-105(Cl,0)	N_u-180(Cl,0)	
天门冬氨酸	6.7	7.1	5.8	6.5	7.3
苏氨酸	3.7	4.2	3.5	3.9	6.8
丝氨酸	5.5	6.2	5.2	5.6	8.3
谷氨酸	33.4	39.7	32.2	34.1	10.2
甘氨酸	4.5	5.0	4.3	4.5	8.0
丙氨酸	3.9	4.3	3.8	3.9	6.5
色氨酸	2.2	2.4	2.2	2.3	2.2
缬氨酸	5.0	5.6	4.8	5.0	8.2
蛋氨酸	1.7	2.0	1.6	1.6	15.6
异亮氨酸	3.9	4.5	3.8	4.0	8.0
亮氨酸	7.8	8.9	7.6	7.9	7.7
酪氨酸	4.1	4.2	3.7	3.9	9.2
苯丙氨酸	5.0	5.9	5.0	5.2	6.9
赖氨酸	3.6	3.7	3.4	3.6	4.3
组氨酸	2.4	2.8	2.4	2.5	6.1
精氨酸	5.5	6.2	5.3	5.6	7.3
脯氨酸	14.4	14.9	11.5	13.4	17.8
粗蛋白质	120.4	128.9	112.7	123.8	5.4
必需氨基酸	33.1	37.6	32.1	33.7	7.6
非必需氨基酸	79.6	90.0	74.0	79.8	10.3
氨基酸总量	112.7	127.6	106.1	113.5	9.4

将表2和表7中含氯处理(A组)与不含氯处理(B组)进行成对比较t检验[13]，统计结果表明，含氯与不含氯处理粗蛋白含量与氨基酸总含量差异均达5%的显著水平(t值分别为4.381和2.258，均大于$t_{0.05(15)}$ = 2.131)，而粗蛋白质生产量和子粒产量以及必需氨基酸含量差异不显著。从蛋白质中赖氨酸的含量看，含氯处理为29.3g/kg(蛋白质)，不含氯处理为29.6g/kg(蛋白质)；另外，氨基酸评分前者为53.3，后者为53.8，二者相差很小。以上结果表明在本试验的施Cl

量范围内(带人土壤耕层的最高Cl量平均为161mg/kg)Cl能提高小麦子粒蛋白质和氨基酸含量，且不影响小麦子粒蛋白质的营养价值和子粒产量。据毛知耘等人研究[11]，小麦耐Cl临界值为270～430mg/kg，高于此值对小麦产量和品质有不利影响，因此在施用含氯化肥时，应控制其用量。

前人的研究证实，小麦生育后期吸收的N有利于形成蛋白质[5,14]。本试验发现，含Cl处理小麦分蘖末期植株平均含N量与出苗至分蘖末期每公顷吸N量(分别为43.6g/kg和70.7kg/hm²)同不含Cl处理(分别为43.4g/kg和70.5kg/hm²)基本一致。而含Cl处理成熟期茎叶与子粒含N量和每公顷吸N量(分别为7.3g/kg、21.9g/kg和108.3kg/hm²)都高于不含Cl处理(分别为6.2g/kg、19.9g/kg和89.9kg/hm²)，说明NH_4Cl的肥效比尿素持久，促进小麦后期对N的吸收，从而提高蛋白质和氨基酸的含量。从土壤分析结果看出，NH_4Cl处理分蘖末期土壤碱解N含量(87mg/kg)高于尿素处理(66mg/kg)，表明NH_4Cl中的Cl具有硝化抑制作用[15]，减少了N的损失，从而使肥效延长。

表 8　不同处理小麦成熟期茎叶和籽粒中Zn、Mn、Cl含量 (mg/kg)

Table 8　Content of Zn, Mn and Cl in stem, leaf and grain of full ripe wheat(mg/kg)

处理 Treatments	含Cl系列 Contain Cl series						不含Cl系列 Uncontain Cl series					
	茎叶 Shoot			子粒 Grain			茎叶 Shoot			子粒 Grain		
	Zn	Mn	Cl	Zn	Mn	Cl	Zn	Mn	Cl	Zn	Mn	Cl
NPK	13.1	15.4	18514	36.6	31.8	519	10.8	14.3	4452	35.7	29.8	442
NPKZn	21.9	16.8	19508	44.5	31.4	561	19.1	14.4	3833	42.5	28.4	465
NPKMn	21.8	29.5	19171	40.8	32.6	529	19.1	17.9	4015	38.2	29.5	430
NPKZnMn	26.8	22.4	19266	44.8	31.2	581	22.6	15.7	3724	43.1	28.3	456

(四)施用锌、锰和含氯氮肥对小麦子粒中锌、锰、氯含量的影响

Zn、Mn是人和动物所必需的微量元素，Cl是人和动物所必需的大量元素。在食物和饲料中，Zn、Mn、Cl含量也是一个重要的质量指标[2]。由表8可见，施Zn能提高茎叶和子粒的含Zn量，这对于生产高Zn食品有重要意义。施Mn主要提高了茎叶中Mn含量，子粒中Mn较为恒定。含Cl处理茎叶含Cl量显著增加，为不含Cl对照的4.8倍(4个处理平均)，但对子粒的影响不大，表明施用含Cl化肥，小麦吸收的Cl主要保留在其茎叶中。此外，含Cl处理茎叶和子粒中Zn、Mn含量均比对照高，说明Cl促进了小麦对Zn、Mn的吸收。

参 考 文 献

1　张宝军等，1995：小麦子粒品质及其影响因素分析。国外农学－麦类作物，4：29～31。

2　何念祖等，1987：植物营养原理。上海科技出版社，411～412。

3　Karathmnasis A D, et al, 1980: Relation of soil properties and other environment factors to grain yield and quality of winter wheat grown at interational sites. Agron. J., 72:329～336.

4　武雪萍等，1994：锰与氮、磷配比对冬小麦子粒品质的影响。现代土壤科学研究，中国农业科技出版社，692～696。

5　赵广才，1989：冬小麦子粒发育中蛋白质和氨基酸含量的变化及喷氮效应的研究。中国农业科学，22(5)：25～34。

6　夏培桢等，1995：氮磷肥对小麦、玉米子粒氨基酸的影响。土壤肥料，2：9～13。

7　湖北农科院土肥所，1980：中国农科院微量元素学术交流会刊。科学出版社，69～70，73～74。

8　石孝均等，1990：钙质紫色土小麦优质高产与氮、锌、锰优化配方的研究。西南农业大学学报，12(6)：553～558。

9 陈铭等,1989:锰、锌肥对冬小麦营养效应的研究。中国农业科学,22(4):58～64。
10 崔玉珍等,1993:微量元素的硝化抑制效应及对作物品质影响研究。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,成都科技大学出版社,500～509。
11 毛知耘等,1995:作物耐氯类型研究。现代农业中的土壤与施肥,中国农业科技出版社,218～222。
12 粮农组织,1982:植物生产及保护丛书34—提高粮食作物的营养质量。FAO,罗马,27。
13 莫惠栋,1984:农业试验统计。上海科学技术出版社,95。
14 Strong W M, 1982: Effect late application of nitrogen on the yield and protein content of wheat. Aust. J. Exp. Agr. Anim. husb., 22:45～61.
15 Hmlstead, E H et al, 1993: 氯—重要植物营养元素研究最新进展。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。成都科技大学出版社,483～493。

EFFECT OF COMBINED APPLICATION OF ZINC, MANGANESE AND CONTAIN CHLORINE NITROGEN FERTILIZER ON NUTRITION QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN

Shi Xiaojun Mao Zhiyun Zhou Zefang

(College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 630716)

Summary

This paper studied the effects of application N, Zn and Mn in a state of balance and Cl of contain Cl nitrogen fertilizer (NH_4Cl) on the nutrition quality of crude potein and amino acid in winter wheat grain by field experiment and pot experiment. The results showed that the content of crude protein and all kinds of amino acid in wheat grain were increased by N applied, but the rate of the total essential amino acid in the protein were decreased. Application Zn with appropriate quantity could increase the content of crude protein and essential amino acid and raise the nutrition value of wheat grain. The content of protein and total amino acid could not be increased, but the content of the essential amino acid was increased by Mn applied. Application Mn could improve the quality of wheat grain. There were possitive combined effect between N-Zn, N-Mn, Zn-Mn combined applicatiaon and the content and quality of wheat grain. Combined application of N, Zn, Mn could not only increase the content of protein and total amino acid, but also raise the rate of the total essential amino acid in protein and improve the nutrition quality of wheat grain. The content of protein and amino acid in wheat grain could be increased and its nutrition value was not influence by application Cl with appropriate quantity.

Key words Zinc Manganese Nitrogen Chlorine Winter wheat Protein Amino acid