

施肥对黄土高原旱地小麦品质和籽粒氨基酸含量的影响

樊虎玲^{1a}, 郝明德², 李志西^{1b}

(1 西北农林科技大学 a 农学院; b 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 在长期肥料定位试验的基础上,研究了施肥对小麦品质和籽粒氨基酸含量的影响。结果表明,施氮能提高小麦营养品质,增强面团强度和筋力,降低面团的延展性,提高籽粒氨基酸含量;施磷对小麦营养品质和籽粒中氨基酸含量无明显影响,但能增强面团延展性,降低面团强度和筋力;NPK 配施和 NP 配施对小麦营养品质改良作用明显,均有利于提高面团的耐揉性、强度和筋力,降低面团的延展性,但二者之间的差异并不明显。NPK 配施对小麦籽粒中总氨基酸含量影响不明显,但能提高小麦籽粒中的必需氨基酸含量;NP 配施能提高小麦籽粒中的总氨基酸含量,但对非必需氨基酸含量的提高作用更为明显。施肥对小麦品质影响的大小排序为 N>NPK>NP>P;对籽粒氨基酸含量影响的大小排序为 N>NP>NPK>P。

[关键词] 旱地小麦;施肥;小麦品质;籽粒氨基酸

[中图分类号] S512.1+10.62

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)12-0053-05

氮磷钾是作物必需的三大营养元素,与作物的生长发育密切相关。因此,氮、磷、钾元素的供应量、供应时间和供给方式等对小麦品质有重要影响。研究^[1~3]表明,在一定范围内增施氮肥,能改善小麦品质,增加小麦籽粒氨基酸含量;在土壤中有效磷不足或大量施用氮肥情况下,增施磷肥可以调节植株氮代谢,促进植株对氮素的吸收,改善小麦品质,尤其有利于提高小麦的加工品质^[1,4,5];施钾肥有利于提高小麦产量和品质,在土壤缺钾情况下,增施钾肥能提高赖氨酸、蛋氨酸、亮氨酸和色氨酸等必需氨基酸含量^[5~7]。但迄今为止,对长期肥料定位试验背景下,施用氮、磷、钾肥对小麦品质和籽粒氨基酸含量影响的研究报道较少。因此,本研究对这一问题进行了系统研究,以期对合理施肥、改良小麦品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

试验地位于黄土高原中部的陕西省长武县,农业生产完全依赖天然降水,属典型的旱作农业区,多

年平均降水 578.5 mm,平均气温 9.1℃,无霜期 171 d。长期肥料定位试验开始于 1984 年,试验地土壤属黄盖粘黑垆土,全剖面土质均匀疏松,通透性好,肥力中等,定位试验开始时耕层土壤有机质含量为 10.50 g/kg,全氮 0.77 g/kg,碱解氮 37.00 mg/kg,全磷 0.66 g/kg,速效磷 2.20 mg/kg,速效钾 123.90 mg/kg。

长期定位施肥试验有对照(CK),N,P,NP 和 NPK 5 个处理,试验小区面积 22.2 m²,每处理重复 3 次,随机排列。氮肥为尿素,施用量 90 kg/hm²;磷肥为过磷酸钙,施用量 39.3 kg/hm²;钾肥为硫酸钾,施用量为 75 kg/hm²。肥料于小麦播前撒施地表,翻埋入土。

供试小麦品种为长武 134,在肥料定位试验第 19 年,即 2002~2003 年度,于 2002-09-24 播种,2003-06-20 收获,田间管理同大田。

1.2 测定方法

不同施肥处理的小麦收获后,取小麦籽粒 3 kg 用于品质测定,用 Brabender Quadrumat Junior 实验磨磨粉,沉淀值采用 AACC56-60 方法测定;用

[收稿日期] 2005-04-18

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2004BA508B15);中国科学院知识创新方向性项目(KZCX2-413-3);中国科学院野外台站基金项目

[作者简介] 樊虎玲(1974—),女,陕西丹凤人,在读博士,主要从事农业资源利用研究。

[通讯作者] 郝明德(1957—),男,陕西华县人,研究员,博士生导师,主要从事土壤肥力与黄土高原综合治理研究。

Brabender 公司生产的粉质仪和拉伸仪按 AACC54-21 和 AACC54-10 方法测定粉质图参数和拉伸仪参数^[1,8,9]。每指标重复测定 3 次,取其平均值用于结果分析。取小麦籽粒 0.5 kg,参照文献[10]的分析方法用 121MB 型氨基酸分析仪测定籽粒氨基酸含量。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对小麦营养品质的影响

由表 1 可知,施 N 处理的小麦粉沉淀值和干、湿面筋含量较对照分别提高了 156.0%,96.2% 和 101.3%。由此可见,施氮有利于提高小麦的营养品质。施 P 处理的小麦粉沉淀值有小幅下降,降幅为

7.1%,干、湿面筋值略有增加,增幅分别为 5.7% 和 5.6%,故施磷对小麦营养品质影响不明显。

由表 1 还可看出,NP 配施处理的小麦粉沉淀值和干、湿面筋含量分别较对照增加了 78.0%,69.8% 和 71.3%。与对照相比,NPK 配施处理的小麦粉沉淀值增加了 102.8%,干、湿面筋增幅分别为 71.7% 和 75.0%。由此可知,NP 配施和 NPK 配施均能明显提高小麦营养品质,但二者之间无明显差异。另外,由表 1 可以看出,NP 和 NPK 配施对小麦营养品质的改良作用小于单施氮肥,这可能是因为长期施肥的土壤中,磷、钾元素已能满足小麦正常生长发育的需求,因而在施氮基础上,增施磷肥、钾肥对小麦营养品质的改良作用不明显。

表 1 不同施肥处理对小麦营养品质的影响

Table 1 Effect of different fertilizing on nutrition quality of wheat

处理 Treatments	沉淀值 Sedimentation value		湿面筋/% Wet gluten content		干面筋/% Dry gluten content		出粉率/% Milling yield	
	测定值/mL Value	增幅/% Increase range	含量 Content	增幅 Increase range	含量 Content	增幅 Increase range	测定值 Value	增幅 Increase range
CK	14.1		16.0		5.3		65.9	
N	36.1	156.0	32.2	101.3	10.4	96.2	64.0	-2.9
P	13.1	-7.1	16.9	5.6	5.6	5.7	66.5	0.9
NP	25.2	78.0	27.4	71.3	9.0	69.8	66.3	0.6
NPK	28.6	102.8	28.0	75.0	9.1	71.7	61.6	-6.5

2.2 不同施肥处理对小麦面团流变学特性的影响

面团流变学特性可以反映小麦粉加工品质。常用来测定面团流变学特性的主要仪器有粉质仪和拉伸仪。粉质图参数主要反映面团的强度,拉伸仪参数主要反映面团的弹性和延伸性,二者之间有很好的相关性^[1,9]。

2.2.1 不同施肥处理对小麦粉粉质图参数的影响

吸水率是反映面粉蛋白质和损伤淀粉含量的重要参数;形成时间与小麦的面筋含量和质量关系密切;稳定时间反映面团的耐揉性和强度,稳定时间越长,面团韧性越好,面筋强度越大;若面团弱化度越大,表示面团筋力越差。评价值和粉质指数是综合表示面粉特性的代表性数值,评价值及粉质指数大小与形成时间、稳定时间、弱化度密切相关,评价值和粉质指数越高,表示面粉筋力越好^[1,9]。

不同处理对小麦粉粉质图参数影响不同,由表 2 可见,与对照相比,施 N 处理的小麦粉的形成时间和稳定时间分别增加了 200% 和 110%,而弱化度略

有降低,评价值和粉质指数(FQN)值分别提高了 26.7% 和 117.6%。故施氮能显著提高面粉的评价值和 FQN 值,增加形成时间和稳定时间;施 P 处理小麦粉的形成时间有小幅增加,其增幅为 25%,稳定时间增加了 60%,评价值提高不明显,FQN 值增幅为 41.2%。说明施磷对评价值、形成时间、弱化度影响不明显,而对稳定时间、FQN 有明显影响。

与对照相比,NP 配施处理的小麦粉形成时间增加了 187.5%,稳定时间增加了 50%,评价值提高了 23.3%,FQN 值增加明显,增幅为 88.2%;NPK 配施处理的形成时间增量和 NP 配施处理相同,稳定时间增加了 1 倍,弱化度降低了 14.7%,评价值提高了 33.3%,FQN 值增加明显,增幅为 117.6%。说明 NP 和 NPK 配施处理对形成时间、稳定时间、评价值和 FQN 值影响明显,但对弱化度无明显影响。

由以上分析可见,施 N、NP 配施和 NPK 配施均有利于面团耐揉性、强度和筋力的提高,单施磷肥对面团耐揉性、强度和筋力的影响不明显。

表 2 不同施肥处理对小麦粉粉质图参数的影响

Table 2 Effect of different fertilizing on farinograph parameters

处理 Treatments	吸水率/% Water absorption		形成时间/min Developing time		稳定时间/min Stability time		软化度/F.U Softening		评价值 Evaluating value		粉质指数 FQN	
	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase
CK	51.4		0.8		1.0		150		30		17	
N	54.5	3.1	2.4	1.6	2.1	1.1	148	-2	38	8	37	20
P	50.9	-0.5	1.0	0.2	1.6	0.6	140	-10	32	2	24	7
NP	55.0	3.6	2.3	1.5	1.5	0.5	146	-4	37	7	32	15
NPK	55.2	3.8	2.3	1.5	2.0	1.0	128	-22	40	10	37	20

2.2.2 不同施肥处理对面团拉伸仪参数的影响

拉伸仪参数中的最大拉伸阻力反映了面团的横向延伸性,拉伸阻力反映了面团的纵向延伸性,而拉伸面积是综合评价拉伸仪参数的重要指标,反映面团的强度,拉伸面积越大,面团强度越大^[1,9]。

由表 3 可知,施 P 处理对拉伸仪参数无明显影响;与对照相比,施 N 处理的延伸度增加了 132 mm,拉伸面积增加了 9 cm²,最大拉伸阻力降低了 61 E.U,拉伸阻力降低了 58 E.U。由此可见,施 N

能显著提高面团延伸度,但对拉伸面积影响不明显。

与对照相比,NP 配施处理的最大拉伸阻力和拉伸阻力均降低了 37 E.U,延伸度增加了 70 mm,拉伸面积增加了 9 cm²;NPK 配施的最大拉伸阻力和拉伸阻力分别增加了 55.3%和 26.6%,延伸度增加了 40.65%,拉伸面积提高了 121.4%。可见 NPK 配施处理对拉伸仪参数影响明显,能提高面团最大拉伸阻力和拉伸阻力,增大延伸度和拉伸面积。

表 3 不同施肥处理对小麦粉拉伸仪参数的影响

Table 3 Effect of different fertilizing on extensograph parameters

处理 Treatments	最大拉伸阻力/E.U Maximum resistance		拉伸阻力/E.U Resistance		延伸度/mm Extensibility		拉伸面积/cm ² Energy of Area	
	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase	测定值 Value	增量 Increase
CK	161		158		123		28	
N	100	-61	100	-58	255	132	37	9
P	155	-6	145	-13	117	-6	25	-3
NP	124	-37	121	-37	193	70	37	9
NPK	250	89	200	42	173	50	62	34

2.3 不同施肥处理对籽粒氨基酸含量的影响

小麦蛋白质中的赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸等 8 种必需氨基酸的含量和比例不同,将直接影响小麦蛋白质的营养价值^[1,9,11,12]。其中,赖氨酸是第一限制性氨基酸,提高小麦籽粒中必需氨基酸含量特别是赖氨酸含量,可以大大提高小麦籽粒的营养价值。施用肥料不同,对小麦籽粒中氨基酸含量的影响也不同^[13~19]。

施氮小麦籽粒中的氨基酸含量均较对照呈增加趋势(表 4),施氮处理的总氨基酸含量提高了 37.6%,必需氨基酸含量增加明显,增幅为 39.2%,其中赖氨酸含量提高了 39.4%,非必需氨基酸含量增加了 36.9%,谷氨酸含量增加了 31.7%。由此可见,施用氮肥有利于提高小麦籽粒中的氨基酸含量,且其对必需氨基酸含量的提高作用较其对非必需氨

基酸含量的作用大。

与对照相比,施 P 处理的总氨基酸含量降低了 1.7%,必需氨基酸含量的降幅较总氨基酸含量的降幅高 1.1%,但赖氨酸含量提高了 12.3%,苏氨酸含量也有小幅提高;其余的缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸含量均有不同程度降低,降幅为 3.7%~5.5%,以蛋氨酸的降幅最大,为 46%。非必需氨基酸含量降低了 1.3%,其中谷氨酸含量降低了 5.2%,天冬氨酸、丝氨酸、脯氨酸甘氨酸、丙氨酸、丁氨酸含量的降幅较小;酪氨酸、组氨酸和精氨酸含量有不同程度的增加,酪氨酸增加最为明显,增幅为 38.9%;组氨酸和精氨酸含量增加不明显。说明施用磷肥对小麦籽粒总氨基酸含量和必需氨基酸含量的影响不明显,但能提高赖氨酸含量。

NP 配施处理的小麦籽粒中,各种氨基酸含量

与对照相比均呈增加趋势,总氨基酸含量提高了 18.6%,必需氨基酸含量增加了 16.3%,其中赖氨酸含量提高最为明显,增幅为 25.7%,缬氨酸含量增加幅度最小;非必需氨基酸含量增加了 19.7%,其中谷氨酸含量增加了 16.5%,天冬氨酸含量增加

最明显,增幅为 65.5%,丙氨酸和丁氨酸含量变化不明显。由此可知,NP 配施能提高小麦籽粒中总氨基酸含量,特别是对非必需氨基酸含量的提高作用较为明显,但其对小麦籽粒中氨基酸含量的影响作用小于施 N 处理,大于施 P 处理。

表 4 不同施肥处理对籽粒氨基酸含量的影响

Table 4 Effect of different fertilizing on the content of amino acid

g/kg

氨基酸 Amino acid	处理 Treatments				
	CK	N	P	NP	NPK
苏氨酸 Thr	2.98	4.35	3.16	3.64	3.21
缬氨酸 Val	5.89	7.27	5.62	6.28	6.34
蛋氨酸 Met	0.87	1.06	0.47	1.06	1.48
异亮氨酸 Ile	3.65	4.84	3.45	4.30	3.68
亮氨酸 Leu	6.80	9.68	6.53	7.68	7.02
苯丙氨酸 Phe	4.03	6.50	3.88	4.93	4.41
赖氨酸 Lys	2.92	4.07	3.28	3.67	3.14
必需氨基酸含量 Essential amino acid	27.14	37.77	26.39	31.56	29.28
天冬氨酸 Asp	5.42	7.85	5.41	8.97	5.46
丝氨酸 Ser	4.42	6.47	4.33	5.32	4.63
谷氨酸 Glu	21.48	28.28	20.37	25.02	21.56
脯氨酸 Pro	7.71	11.26	7.17	8.83	7.88
甘氨酸 Gly	4.12	5.37	4.00	4.41	4.07
丙氨酸 Ala	4.07	4.97	3.95	4.21	3.78
丁氨酸 Cyr	1.66	2.20	1.52	1.73	0.79
酪氨酸 Tyr	2.62	3.71	3.64	3.26	2.62
组氨酸 His	2.13	3.81	2.31	2.54	2.45
精氨酸 Arg	5.09	6.45	5.28	5.94	5.57
非必需氨基酸含量 Inessential amino acid	58.72	80.37	57.98	70.29	58.81
氨基酸含量 Total amino acid	85.86	118.14	84.37	101.85	88.09

与对照相比,NPK 配施处理的小麦籽粒总氨基酸含量提高了 2.6%,必需氨基酸含量增加了 7.9%,其中赖氨酸含量提高了 7.5%,蛋氨酸含量增加最为明显,异亮氨酸含量增加幅度最小。非必需氨基酸含量增加了 0.2%,其中谷氨酸含量增加了 0.4%,天冬氨酸、丝氨酸、脯氨酸、组氨酸和精氨酸含量亦有小幅增加;而甘氨酸、丙氨酸和丁氨酸含量有不同程度下降,以丁氨酸含量降低最明显,降幅为 52.4%;甘氨酸和丙氨酸含量分别降低了 1.2%和 7.1%。该结果表明,NPK 配施对小麦籽粒总氨基酸含量的影响不明显,但能提高小麦籽粒中的必需氨基酸含量。NPK 配施对小麦籽粒中氨基酸含量的影响作用小于 NP 配施,大于施 P 处理。

3 小 结

1) 氮素对小麦品质和籽粒氨基酸含量具有明显的调节作用,施氮能改善小麦营养品质,增强面团强度和筋力,降低面团的延展性,有利于提高小麦籽

粒的总氨基酸含量,特别是必需氨基酸含量。施氮小麦粉的沉淀值增加了 156.0%,干面筋增幅为 96.2%,形成时间增加了 2 倍,FQN 值增幅为 117.6%,拉伸面积增加了 32.1%,籽粒中总氨基酸含量增加了 37.6%,必需氨基酸含量增加了 39.2%,赖氨酸含量提高了 39.4%。

2) 本研究发现,施磷对小麦品质和籽粒氨基酸含量影响不明显,可能是因为长期施磷造成土壤中有效磷的累积,土壤中有效磷的含量已超过 30 mg/kg,因而再施用磷肥已不能发挥磷肥的肥效,这和前人的研究结果^[2,8,9,13]相一致。

3) NPK 配施和 NP 配施处理均对小麦营养品质有明显的改良作用,但二者之间无明显差异;NPK 配施处理对小麦面团流变学特性影响作用明显,能提高评价价值,增大拉伸面积;NP 配施处理的影响作用小于 NPK 配施;NPK 配施处理对小麦籽粒总氨基酸含量影响不明显,但能提高小麦籽粒中的必需氨基酸含量;NP 配施处理能提高小麦籽粒

的总氨基酸含量和必须氨基酸含量。NPK 配施处理的小麦粉沉淀值增幅为 102.8%,评价值提高了 33.3%,FQN 值增幅为 117.6%,拉伸面积提高了 121.4%。NP 配施处理后总氨基酸含量提高了 18.6%,必需氨基酸含量增加了 16.3%,赖氨酸含量的增幅为 25.7%。

[参考文献]

- [1] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 456—478.
- [2] 古巧珍, 杨学云, 孙本华, 等. 长期定位施肥对小麦籽粒产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 76—79.
- [3] 张兴梅, 何淑平. 春小麦施肥效应研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(3): 165—168.
- [4] 刘红霞, 张会民, 许自成, 等. 钾锰配施对旱地冬小麦品质和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(2): 20—24.
- [5] 赵淑章, 王绍中, 付国占, 等. 氮、磷、钾对强(弱)筋小麦品质的效应研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(1): 152—154.
- [6] 曲环, 赵秉强. 灰漠土长期定位施肥对小麦品质和产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 12—17.
- [7] 谭金芳, 韩燕来. 轻壤质潮土氮肥基追比对小麦产量与品质的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(5): 436—439.
- [8] 赵广才. 提高小麦品质的氮肥运筹技术(一)[J]. 作物杂志, 2003, (5): 42—43.
- [9] 魏益民. 谷物品质与食品品质——小麦籽粒品质与食品品质[M]. 陕西西安: 陕西人民出版社, 2002. 7—10.
- [10] 宋治军, 纪重光. 现代分析仪器与测试方法[M]. 陕西西安: 西北大学出版社, 1994. 172—178.
- [11] 张会民, 刘红霞, 王林生, 等. 钾对旱地冬小麦后期生长及籽粒品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 73—75.
- [12] 徐立新, 赵会杰. 灌浆期喷施铜、锌、镁肥对小麦品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(3): 217—218.
- [13] 赵广才, 李振华. 不同追肥比例对小麦产量和品质的影响[J]. 北京农业科学, 2000, 18(5): 7—9.
- [14] 吴兰云, 徐茂林. 优化施肥对小麦品质和产量的效应研究[J]. 土壤, 2003, 35(2): 152—155.
- [15] 邵俊红, 寥先静. 施肥对强筋小麦品质及产量的影响[J]. 河北农业科学, 2002, 6(4): 16—18.
- [16] 赵永志, 王俊英. 施肥对小麦品质的影响试验初探[J]. 中国农学通报, 2002, 18(6): 103—105.
- [17] 潘庆民, 于振文. 追氮时期对冬小麦籽粒品质和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(2): 65—69.
- [18] Martre P, Porter J R, Jamieson P D, et al. Modeling grain nitrogen accumulation composition to protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat[J]. Plant Physiol, 2003, 133: 1959—1967.
- [19] Johansson E, Linde M L P, Onsson O J. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality[J]. Cereal chem, 2001, 78(1): 19.

Effect of wheat quality and amino acid quantity of different fertilizings in dryland of Loess Plateau

FAN Hu-ling^{1a}, HAO Ming-de², LI Zhi-xi^{1b}

(1 a Agronomy College; b College of Food Science and Engineering, Northwestern A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the long-term fertilization experiment, this article studied the effects of different fertilizers on the quality of wheat and the content of amino acid. Results showed that N fertilizer could improve the nutrition quality of wheat, increase paste strength and flexibility and AA quantity, but decrease paste ductibility. P fertilizer could not obviously improve the nutrition quality of wheat and AA content, but could decrease paste strength and flexibility, promote paste ductibility. The cooperative application of chemical fertilizers was beneficial in improving the nutrition quality of wheat, increasing paste strength and flexibility, while decreasing paste ductibility. NPK and NP produced no obviously different effects on wheat quality, the effect of NPK on total AA content was not obvious, but could improve the essential AA content; NP could improve the total AA content and the inessential AA content; The order of effect of fertilizer combinations on wheat quality was: N>NP>NPK>P.

Key words: Dryland wheat; fertilization; wheat quality; amino acid