

氮磷钾化肥及有机肥对作物品质的影响

曲环¹, 赵秉强², 陈雨海¹

(1 山东农业大学, 山东泰安 271018; 2 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘要:本文综述了近十年来国内外关于施肥对小麦、玉米、水稻品质影响方面的研究概况以及取得的进展。多数研究认为,氮素为影响作物品质的第一元素,钾居第二,磷第三,氮磷钾配施对作物品质的影响大于单施,有机无机结合会取得较好的施肥效果。不同的施肥方式、施肥时期和肥料成分都会对作物品质产生不同的影响。并指出只有优良品种与合理的栽培措施,尤其是施肥技术相结合,才能获得作物高产、优质和高效。

关键词:肥料;品质

中图分类号:S158.3

文献标识码:A

文章编号:1008-505x(2002)S0-0155-06

A review on the effect of N、P、K fertilizers and organic manure on grain qualities

Qu Huan¹, Zhao Bing-qiang², Chen Yu-hai¹

(1 Shandong Agric. Univ., Tai'an 271018, China; 2 Inst. of Soil and Fertilizer, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: This paper reviewed the relationships between fertilizers and grain qualities of wheat, corn and rice crop. Most research results indicated that nitrogen fertilizer was the most important element of affecting grain qualities, potassium ranked second, and phosphorus ranked third. Applying rate, date, method, and components of fertilizer had different effects on grain qualities. Joint application of chemical fertilizer with organic manure had much better effects on grain qualities than single use of chemical fertilizer. This has both theoretical and practical significance in guiding quality cultivation.

Key words: Fertilizer; quality

小麦、玉米和水稻是我国的主要粮食作物,在我国的农业生产中占有着举足轻重的地位。随着社会生产的发展,尤其是农业进入市场经济以来,粮食放开经营以后,作物的品质问题日益受到人们的重视。肥料作为现代农业生产中作物养分的主要来源,直接参与或协调作物营养代谢与循环,因此与作物的产量和品质有密切的关系。但是,由于以前为了解决温饱问题,研究的重点主要集中于施肥对提高产量方面的影响,忽视了施肥对品质影响的探讨。因此,研究肥料对作物品质的影响效应,对于充分发挥肥料在发展高效持续农业中的作用具有重要的意义。

1 氮肥效应

氮是植物生产的主要驱动力,因此对作物的品质产生多方面的影响,主要表现为影响蛋白质含量和价值,其他有价值的含氮或非含氮物质以及低品质物质的含量。小麦、玉米、水稻中与品质关系密切的重要含氮化合物为蛋白质(粗蛋白和纯蛋白)、必需氨基酸和环氮化合物(例如,维生素)等。氮素在蛋白质重量中占有很大的比重,为蛋白质的重要成分,蛋白质又是原生质和各种酶类的主要成分,所以氮素的供应状况会明显影响作物产品的产量、蛋白质含量以及氨基酸组成和加工品质等^[1]。

定稿日期:2002-05-15

基金项目:基础研究重大项目(973)前期研究专项(2001CCB00800);科研院所社会公益研究专项资金(2000-173,2001DIA10004)资助项目。

作者简介:曲环(1978—),女,山东烟台人,在读硕士研究生,主要从事不同生态条件下,长期定位不同施肥制度对作物品质影响方面的工作。

Лавлов А Н^[2]指出,子粒中的蛋白质含量只决定于氮素营养水平,而不依赖于氮素与其它营养元素的比例关系。石惠恩等^[3]的研究也表明,只有氮肥效应与子粒蛋白质含量、赖氨酸含量呈极显著关系,而磷肥效应和氮磷互作效应均不明显。前人对氮素对作物品质影响的效应研究,主要集中于施肥量、施肥时期以及不同的施肥方式等几个方面。

1.1 施肥量

秦武发、李宗智^[4]在前人研究的基础上,将施氮量与产量、蛋白质含量的关系分为4个时期:增产不增质区、产质同增区、产质平衡区和产质同减区。其中,产质同增区是施氮效率最高的时期。在该时期内,随着施氮量的增加,子粒蛋白质含量和多数加工品质将得到改善,而产量也会逐渐增加。但是,虽然增施氮肥能有效地提高子粒中的蛋白质含量,但是醇溶蛋白比例的加大也导致了赖氨酸比例的下降,使蛋白质的生物值降低。蒋仁成、历志华^[5]等指出,施用氮肥可使小麦的蛋白质含量达到最高(13.7%),但蛋白质产量较低,其原因可能为子粒产量低,只有385.5 kg/hm²。而氮肥配合磷钾肥或有机肥施用,因大幅度提高小麦子粒碳水化合物产量,导致蛋白质含量产生“稀释效应”而有所降低。施用氮肥还可显著提高小麦面粉的面筋含量和沉淀值等品质指标。此外,氮肥能显著提高小麦子粒的氨基酸含量,施氮处理的17种氨基酸总量较对照提高25.9%,人体必需的7种氨基酸提高了20.6%^[6]。

施用氮肥可提高玉米子粒中粗蛋白的含量,并且相应提高子粒中19种氨基酸的总量和7种必需氨基酸的总量^[7~10]。施氮量在0~180 kg/hm²范围内,施氮量(N)与子粒中蛋白质含量(%)的关系为:①当施用有机态氮时, $y = 8.7 + 0.013N$ ($R^2 = 0.28^{**}$);②当施用无机态氮时, $y = 7.4 + 0.021N$ ($R^2 = 0.41^{**}$)。氮肥对蛋白质不同组分含量的影响程度不同。清蛋白和球蛋白含量不易受氮肥影响,玉米醇溶蛋白含量及在粗蛋白中所占比例则随着施氮量的增加有明显提高。当施氮量分别为0、60、120和180 kg/hm²时,每100g玉米子粒中醇溶蛋白含量分别为416、430、507和508mg。张翔^[11]发现,单施氮肥玉米子粒的粗蛋白含量比对照平均提高19.0%,粗蛋白产量增加135.8%,对提高子粒中氨基酸含量和产量具有明显的正效应,但对赖氨酸、苏氨酸含量的影响较小。施氮还可以降低子粒中淀粉的含量,提高玉米子粒含油量,但对灰分的含

量影响较小。

湖南省优质稻技术体系及其应用理论研究协作组研究发现^[12],增施氮肥可以提高水稻整精米率和蛋白质含量,降低垩白粒率和垩白面积,使胶稠度变硬,改善稻米的商品价值和营养品质。

1.2 施肥时期

贾振华^[13]研究发现,小麦拔节期和扬花期施氮对子粒蛋白质含量和产量具有明显的调控效应。扬花期增施氮肥可以提高子粒蛋白质含量,且以施氮225 kg/hm²的效果最好。同时,这两个时期施氮对蛋白质组分也有一定的调控作用。随施氮量的增加,盐溶蛋白降低,且幅度逐渐减小;醇溶蛋白和谷蛋白增加,但增加的幅度也逐渐减小;残渣蛋白含量则处于相对稳定状态。所以提高拔节期和扬花期的施氮量不仅不会降低小麦的营养价值,反而会改善和提高其烘烤品质。欧阳西荣^[14]指出,等量氮肥不同时期施用,当穗肥占用比例最大时,子粒蛋白质含量最小。这主要是因为前、中期施用量少,植株体内吸收贮存的氮就少;后期植株吸收能力下降,施用肥料的利用率就降低,而用于子粒生长的含氮化合物主要是由营养体提供,只有少量是开花以后吸收的。灌浆期间子粒对氮素的需求超过了作物当时吸收和同化,导致作物产量和子粒蛋白质含量的下降。

Kenny认为,推迟施氮时间,可提高玉米醇溶蛋白的含量,减小蛋白质中赖氨酸、苏氨酸和半胱氨酸所占的比例,因而降低蛋白质的营养价值。

水稻生育后期追氮有降低米粒垩白面积、改善外观品质的良好作用^[12]。不同生育期追氮对子粒蛋白质含量的影响大小依次为:抽穗期>减数分裂期>枝梗分化期>分蘖期>对照,其中以减数分裂期和抽穗期追氮对子粒中蛋白质含量影响最大。在氮素追肥总量相同,分蘖肥、促花肥、保花肥3次追肥量不同的情况下,王德仁等^[15]以籼优85作材料,发现以分蘖肥+促花肥处理的蛋白质含量最高,蛋白质总产量也最高。而分蘖肥+促花肥+保花肥处理虽然产量最高,但蛋白质含量只有10.82%,比分蘖肥+促花肥处理低0.74%。这说明后期追氮效果不一定就好于前期追氮。Ali^[16]也发现,等量氮肥分施,对稻米品质影响以基肥+插秧后30天追肥+插秧后60天追肥效果最佳。但朱碧岩^[17]、慕永红^[18]指出,当氮肥总量一致,施用期由生育前期向中后期转移时,米质得到改善,并且在一定的范围内,随着氮肥后移比重的增加,整精米率、蛋白质含量提高,垩白粒率下降,产量提高。

1.3 施氮方式

部分氮肥基施、部分在拔节至开花期做少量多次的叶面喷施时,子粒的蛋白质含量、面筋含量较高,赖氨酸含量也较高,并可获得最高产量;若集中到开花期喷施,尽管子粒蛋白质含量达到最高,但赖氨酸含量却最低,所以为了不使赖氨酸含量受到更大影响,需要对小麦进行少量多次施氮(Martincic, 1977)。赵广才等^[19]指出,灌浆期叶面喷氮可使小麦子粒蛋白质含量,湿、干面筋含量分别提高1.38%,5.54%和1.08%,差异均达显著水平。叶面喷氮还具有提高磨粉品质的趋势。

2 磷肥效应

磷为三大营养元素之一,是核苷酸的组成成分,而核苷酸的许多衍生物在新陈代谢中占有着极其重要的地位。因此,磷素对植物体内的C、N化合物及脂肪代谢都起着重要的作用。它参与淀粉、糖及蛋白质的合成。

磷肥对蛋白质和赖氨酸含量没有直接效应,当底施磷肥再结合追施氮肥,可促进蛋白质含量的提高^[20]。低氮水平下增施磷肥,赖氨酸含量下降;中氮水平下增施磷肥,赖氨酸含量增加;N、P配施对提高小麦产量和改进品质作用更大。多数人的研究表明^[19,21~23],N、P配施具有很大的改善小麦品质的潜力,并可显著提高子粒中蛋白质的含量。张翔^[11,24]通过可比性统计分析发现,三大营养元素与小麦子粒蛋白质增值的关系为:N(24.2%)>K(18.4%)>P(-1.2%)。这说明,N、K对粗蛋白质具有明显的增产作用,磷肥则不具有这种功能,表现为磷处理的粗蛋白含量比单施化肥区的处理降低1.4%,而N、P处理的粗蛋白产量要比单施化肥区增加35.2%。施氮还有降低子粒中磷素含量的趋势。李瑛等^[25]的研究表明,增施磷肥,小麦蛋白质含量和面筋含量均有减少的趋势,其相关系数分别达到, $r = -0.95^*$ 和 $r = -0.945^*$,呈显著负相关,其原因可能是磷肥提高了产量,使子粒中氮素被分散了。但淀粉含量受影响较小。而Ragasits^[26]指出,增施磷肥对小麦品质具有明显的影响,但效果取决于不同生态环境。

磷肥能显著改善玉米子粒的品质。随着施磷量的增大,子粒中蛋白质、淀粉和糖含量明显提高,全氮和全磷量也增加^[8];施磷肥还可明显提高赖氨酸和色氨酸含量。与不施磷的处理相比,施 P_2O_5 75~187.5 kg/hm²时,每100g子粒蛋白质所含赖氨酸

和色氨酸的量分别提高40.6%和33.3%。同时,施磷可使子粒含油率提高1.9~11.8%^[8]。

戴平安^[27]报道,磷肥是对稻米垩白面积影响最大的因素,它具有增大垩白面积的趋势。而湖南省研究^[12]认为,氮素为影响稻米品质的最重要因素,在4项米质指标中对整精米率、垩白大小、蛋白质含量的影响最为显著;其次为钾素,增施钾素可提高整精米率,降低垩白粒率和垩白面积;磷素为对稻米品质影响最小的因素。

3 钾肥效应

一般认为,钾是植物品质元素,它对作物产品的营养品质、加工品质、贮藏品质、外观品质、卫生品质和工艺品质等有良好的作用;它还是作物体内的60多种酶的活化剂,并对作物C、N代谢有明显的调节作用。

多数研究认为,在N、P肥一定的情况下,补充钾肥对小麦的产量和品质都有影响。随着钾肥量的增加,子粒产量、粗蛋白含量和沉淀值随之增加^[28]。在巴基斯坦进行的N、K配施试验发现,施氮增加了子粒粗蛋白含量,减少了灰分、粗脂肪和无氮浸提物(NFE)的含量;施钾则增加了灰分、粗脂肪及NFE的含量。施氮量与子粒蛋白中的苏氨酸、赖氨酸呈负相关;施钾则加大了赖氨酸、蛋氨酸、精氨酸和苯丙氨酸的含量,减少了大多数非必需氨基酸的含量。钾素发挥这种作用的生理机制是增加了氨基酸向子粒中的运输速率及氨基酸转化为子粒蛋白质的速率。并且已知,钾对氨基酸的子粒运输的作用,比对氨基酸转化为蛋白质的作用更强,它尤其影响灌浆初期子粒中可溶性氨基酸的浓度,大幅度增加麦谷蛋白和麦醇溶蛋白的成分。施钾还可改善烘烤品质。当土壤中的 K_2O 含量由5mg增至35mg时,子粒中粗蛋白含量由14.3%增至16.8%,沉淀值由58增至70。

钾肥能显著提高玉米子粒蛋白质的含量。施钾肥可使子粒蛋白质含量上升0.91%。邹德乙等^[29,30]在棕壤上长期轮作肥料定位实验的结果表明,在施用无机氮磷肥的基础上平均施 K_2O 54 kg/hm²,玉米子粒粗蛋白含量平均提高0.56%,蛋白质产量增加12.4%。在施有机肥条件下,MNPK比MNP处理粗蛋白含量增加0.39%,产量提高11.4%。单施钾肥对玉米子粒蛋白质含量及产量影响则不明显,表明在施氮磷肥及有机肥的基础上施钾肥,可显著提高玉米蛋白质含量及产量。在施有

机肥区, MNK 处理的玉米子粒蛋白质、氨基酸含量和产量分别比 MN 处理增加 17.4% 和 20.8%, MNPK 处理分别提高 13.5% 和 16.0%。单施化肥区, NPK 处理的氨基酸含量和产量分别比 NP 处理增加 7.7% 和 14.4%, 说明钾素对提高玉米子粒蛋白质的氨基酸含量和产量有较明显的作用。潮土 15 年肥料定位试验的结果表明, N、K 是增加小麦、玉米子粒蛋白质及氨基酸含量的重要营养因子, 施肥处理对氨基酸含量和产量的影响小于对必需氨基酸含量及产量的影响^[11]。

增施钾肥还可以提高玉米子粒中多种营养物质的含量和茎秆的含糖量, 但施钾过量则会产生抑制作用^[31]。子粒淀粉含量的变化趋势与蛋白质、赖氨酸、脂肪和糖的相反, 且这些物质的代谢对钾反应的敏感程度也不同, 其强弱顺序为总糖 > 赖氨酸 > 脂肪 > 蛋白质。在玉米抽雄达 50% 至抽雄后 10 天, 喷施 2.5% 的 KNO_3 , 可提高鲜玉米甜度和玉米粗蛋白含量, 其中以 50% 抽雄后第 3 天喷肥效果最明显^[32]。

4 N、P、K 配合施用与作物品质

科学合理地运筹肥料, 是提高作物品质及其产量的重要一环。多数研究认为, 在 N、P、K 三要素中, N 对作物品质的影响最大, 其次为 K, 再次为 P。由于 N、P、K 配施成分的不同, 对作物品质产生的影响也不同。

Kauti^[33]认为, 当 N、P、K 配施比例达 2:1:1 时, 对小麦蛋白质含量的提高作用效果最佳。Lomako^[34]以 Kazanakays 为材料在研究中发现, 当以 N:P:K = 70:120:120 的比例基施, 30 的 N 做苗期追肥, 100 的 N 做春季施肥, 则作物产量可提高 2.08t/hm², 其中有 1.65t/hm² 要归功于氮肥的使用。此外, 以该比例配施处理的小麦蛋白质含量可达 14.8%, 面筋含量达 32.5%, 比对照提高了 7%~10%。华才宇等^[27]报道说, 小麦子粒蛋白质含量随 N、P 配施量的增加而提高, 子粒中氨基酸总量也随施肥量的增加而增加。而且, 人体非必需氨基酸总量的增加幅度要大于人体必需氨基酸。当以 $N_{450}P_{360}$ (kg/hm²) 处理时, 蛋白质含量增加到 16.4%。NP 配施还可改善小麦子粒的加工品质。其中 $N_{450}P_{360}$ 处理, 不仅子粒蛋白质含量最高, 而且出粉率、面筋含量、吸水率、总评价值和沉淀值等性状均有提高, 面团形成时间和耐揉和性适中。随施肥量的增加, 小麦子粒中各种氨基酸含量变化分别

为: 谷氨酸、半胱氨酸和酪氨酸含量平均比对照增长 25% 以上, 天门冬氨酸、丝氨酸、甘氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和精氨酸等比对照平均增长 20%~25%, 而蛋氨酸仅比对照增加 2.4%。李瑛^[25]根据 N、P 施肥方程, 提出在不施有机肥的条件下, 每公顷产 3000~3750kg 需施氮 75~105kg, P_2O_5 60~75kg, 若要达到每公顷产 5250kg, 施肥方案可为: 播种量为 120~150kg, P_2O_5 75~112.5 kg, N 112.5~150 kg, 有机肥 37.5~75.0t。蒋仁成、历志华等^[5]指出, 当 N、P、K 三养分不平衡施用, 会导致小麦子粒的淀粉含量下降, 但对玉米影响较小, 而它们的适量配施则可较大地提高小麦、玉米中第一限制性氨基酸, 即赖氨酸的含量。

刘毅志^[9]通过计算发现, N、P、K 配施处理玉米要比对照增产蛋白质 540.6 kg/hm², 比单施氮肥处理增产 196.05 kg/hm², 子粒中脂肪的含量也有所提高, 且效果要比粗蛋白更显著。在对氨基酸含量的影响上, N、P、K 配施与单施氮肥效果相似, 均相应地提高了 17 种氨基酸总量和 7 种必需氨基酸的总量; 但 N、P 肥配施对各种氨基酸的提高效果则不够明显。王正银等^[35]在对玉米根外施肥中发现, 含硼磷酸钾铵效果最佳, 其次为磷酸二氢钾铵和磷酸二氢钾。但如果喷肥所含营养元素比例不当, 像尿素、磷酸二氢钾等会明显降低淀粉含量, 而显著提高蛋白质含量。

NPK、NP、NK 三种组合方式对高产优质有利, 既能减少稻米垩白度, 降低垩白粒率, 显著提高整精米率和蛋白质含量, 又能提高稻谷产量^[12]。其中, NK 组合效果最好, 稻谷产量、整精米率和蛋白质产量分别较对照(不施肥)增加 1.33, 1.81 和 2.38 倍, 而 PK 组合, 三种产量虽然高于对照, 但米质较对照明显变劣, 垩白粒率和垩白大小增加, 蛋白质含量也降低了。NP 配施可使稻米的糙米率、精米率和整精米率分别提高 0.6%, 20%, 4.0%; 而 NPK 配施与 NP 配施, 可使糙米率由 78.8% 提高到 80%, 精米率由 74.0% 提高到 74.5%, 整精米率由 71.0% 提高到 71.5%。同时, N、P 可降低稻米的胶稠度和直链淀粉含量, 在此基础上施钾可使胶稠度有一定程度的恢复。戴平安等^[27]研究认为, 优质早稻施氮 150 kg/hm² 左右, 磷 26.25~39.3 kg/hm², 钾 100.2 kg/hm² 左右, 同时配施总氮量为 30%~50% 的有机肥; 优质晚稻施氮 180 kg/hm², 磷 39.3 kg/hm² 左右, 钾 100.2~150.3 kg/hm², 同时配施总氮量为 30%~50% 的有机肥, 有利于碾米、外观和蒸

煮品质的改善。

5 有机肥与作物品质

多数研究认为,有机肥肥效缓慢而绵长,只有和无机肥配施,才能更好地发挥作用。金平等^[36]指出,单施马粪降低小麦的必需氨基酸、半必需氨基酸的含量,并具有增加小麦粗脂肪含量的趋势。N、P肥与各种有机物料配施,则有提高小麦氨基酸总量和半必需氨基酸含量的趋势,并且可提高小麦粗脂肪含量和粗蛋白含量。张夫道等^[37]在有机-无机肥配施试验中发现,有机肥与氮肥配合施用,当有机氮与无机氮的比例为1:1时,效果最好,不仅产量较高,而且经济效益最好,小麦、玉米的各项品质指标也较好。在高肥力的水稻土上,有机肥与氮肥配合施用可提高小麦子粒中的氮磷和微量元素含量,并提高作物蛋白质和必需氨基酸的含量,但施N水平高则非结构蛋白含量增加。同时,增施有机肥还可明显提高淀粉的品质,增加直链淀粉的比重,并减少全糖含量,这一点在水稻上表现尤为明显^[38]。张翔等^[11,24]研究发现,轮作条件下,有机无机长期配施区的小麦子粒粗蛋白含量平均要比对照提高29.0%,粗蛋白产量增加131.3%。有机无机肥料长期配施区,玉米子粒粗蛋白含量均明显地增加,施肥处理玉米子粒粗蛋白含量平均为7.72%,比对照提高1.15个百分点;不同处理玉米子粒粗蛋白含量增加顺序:MNPK>NPK>MN>N>MNP>NP。当有机肥和磷肥配施,前茬作物为大豆时,残效肥对玉米蛋白质含量的提高作用最大^[39]。Shehu^[40]报道,猪杂肥在较高的无机肥水平下(N 125, P 30, K 30 kg/hm²)可明显提高玉米的蛋白质含量。

6 展望

1) P、K作为两大营养元素,单施、不同施肥期及施肥方式等对作物品质的影响研究较少,有待于进一步研究。

2) 水稻生育后期追氮对稻米品质的影响尚有分歧,有待于进一步探讨。

3) 目前多数的试验只局限于某个地区,一种生态条件下的研究,提出的结论和建议的施肥方案缺乏全面性,应进一步修正。

参考文献:

[1] 王正银,胡尚钦,孙彭寿. 作物营养与品质[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999. 137,139,146.

- [2] Лавлов А Н(张玉良译). 主要矿质营养元素对小麦子粒蛋白质及其不同组分形成的作用[J]. 国外农业—麦类作物,1996,(4):27-29.
- [3] 石惠恩,等. 小麦子粒产量和品质氮磷效应的研究[J]. 河南职业技术学院学报,1989,17(3-4):73-79.
- [4] 秦武发,李宗智. 氮素供应对小麦品质的影响. I. 供氮量[J]. 河北农业大学学报,1989,(7):1-7.
- [5] 蒋仁成,厉志华,等. 施肥对小麦、玉米产量和品质的影响[J]. 土壤肥料,1990,(1):13-16.
- [6] 朱洪勋,等. 不同施肥结构的增产效应对小麦子粒品质的影响[J]. 华北农学报,1995,10(2),100-105.
- [7] 吴硕. 玉米连作与长期施肥效应研究 II. 连续施肥对玉米品质及土壤肥力的影响[J]. 辽宁农业科学,1996,(3):7-12.
- [8] 李金洪,李伯航. 矿质营养对玉米子粒营养品质的影响[J]. 玉米科学,1995,3(3):54-58.
- [9] 刘毅志,等. 氮磷钾化肥对高产夏玉米子粒品质的影响[J]. 山东农业科学,1985,(2):31-33.
- [10] 贺竟斌,等. 施肥对不同玉米品种品质的影响[J]. 陕西农业科学,1988,(1):8-10.
- [11] 张翔,朱洪勋,等. 有机与无机肥料配施对玉米子粒品质和生产力的影响[J]. 中国农学通报,1997,13(5):31-33.
- [12] 湖南省优质稻生产技术体系及其应用理论研究协作组. 施肥对稻米品质和产量影响的研究[J]. 湖南农学院学报,1989,15(3):1-6.
- [13] 贾振华,李华,等. 施肥对小麦产量与品质形成影响的研究 II. 施氮量对产量与蛋白质同步形成的影响[J]. 河南职业技术学院学报,1990,18(12):91-95.
- [14] 欧阳西荣. 氮肥施用期对小麦产量相成与子粒品质的影响[J]. 湖南农学院学报,1992,18(3):523-528.
- [15] 王德仁,应继峰,等. 栽培措施对稻米品质影响的初步研究[J]. 中国农学通报,1990,6(1):10-14.
- [16] Ali A, Karim M A. Rice grain quality as influenced by split application of nitrogenous fertilizer[J]. Grain Quality, 1992, 179(3): 7.
- [17] 朱碧岩,曾慕衡. 水稻生育后期施氮对产量和品质的影响[J]. 陕西农业科学,1994,(4):20-21.
- [18] 慕永红,孙海燕,等. 不同施氮比例对水稻产量与品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2000,(3):18-19.
- [19] 赵广才,等. 小麦生育后期不同施肥方法对产量和品质的影响[J]. 耕作与栽培,1991,(4):54-55.
- [20] 胡瑞法,等. 河南小麦高产优质栽培综合农艺措施数学模型研究 III. 品质模型解析[J]. 河南职业技术学院学报,1989,17(3-4):33-39.
- [21] 华才宇,姚翠琴,等. 氮磷配施对冬小麦子粒品质的影响[J]. 西北农业学报,1992,1(1):77-80.
- [22] 李孝良. 氮磷钾对小麦生长发育及品质的影响[J]. 安徽农业技术师范学院学报,1998,12(4):12-15.
- [23] 赵广才. 不同肥料运筹对冬小麦产量和品质的影响[J]. 北京农业科学,1991,9(1):24-29,47.
- [24] 张翔,朱洪勋,等. 轮作制下长期施肥对小麦子粒品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(4):26-29,65.
- [25] 李瑛,吕殿青. 施肥对小麦产量和品质影响的研究[J]. 干旱地

- 区农业研究,1991,(2):1-9.
- [26] Ragasits I. Effect of long-term fertilization on grain yield, yield components and quality parameters of winter wheat [J]. *Acta Agronomica Hungarica*, 2000,48(2):155-163.
- [27] 戴平安,刘向华,等. 氮磷钾及有机肥不同配施量对水稻品质和产量效应的研究[J]. *作物研究*,1999,(3):26-30,42.
- [28] 田纪春. 优质小麦[M]. 济南:山东科学技术出版社,1995. 156.
- [29] 邹德乙,韩晓日. 棕壤连续施用钾肥对玉米子粒蛋白质及氨基酸影响的研究[J]. *土壤通报*,1997,28(1):28-30.
- [30] 邹德乙,刘小虎,等. 长期定位施肥对作物子实氨基酸含量影响[J]. *沈阳农业大学学报*,1997,28(2):120-124.
- [31] 史振声,张喜华. 钾肥对甜玉米子粒品质和茎秆含糖量的影响[J]. *玉米科学*,1994,2(1):76-80.
- [32] Suwanarit A and Sestapukdee M. Stimulating effects of foliar K-fertilizer applied at the appropriate stage of development of maize: A new way to increase yield and improve quality[J]. *Plant and Soil*, 1989, 120:111-124.
- [33] Auti A K, Wadile S C. Yield quality and nutrient removal of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by levels and sources of fertilizer[J]. *India J. of Agronomy*, 1999, 44(1):119-122.
- [34] Lomako E I. The effect of application rates and timing of nitrogen dressing on yield and grain quality of winter wheat [J]. *Agrokhirniya*, 1998 11:31-38.
- [35] 王正银. 根外喷肥对玉米产量和品质的影响[J]. *云南农业科技*,1989,(6):23-24.
- [36] 金平,曾广骥,等. 施肥对小麦品质影响研究初报[J]. *黑龙江农业科学*,1992,(2):13-18.
- [37] 张夫道,金维续,等. 有机肥与氮肥配合施用对小麦和玉米产量和品质的影响[J]. *土壤肥料*,1984,(3):11-16.
- [38] 张夫道,金维续,等. 有机肥与氮肥配合施用对高产水稻土和稻麦品质的影响[J]. *土壤肥料*,1987,(6):16-18.
- [39] Ramamurthy V. Residual effect of organic matter and phosphorus on growth, yield and quality of maize[J]. *India J. Agronomy*, 1996, 41(2):247-251.
- [40] Shehu Y. The effect of green manuring and chemical fertilizer application on maize yield, quality and soil composition[J]. *Tropical Grasslands*, 1997, 32:139-142.