

朱德进, 张 辉, 黄 卉, 等. 不同施肥处理对不同地力水平油菜产量和经济效益的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(10): 73–76.

不同施肥处理对不同地力水平油菜产量和经济效益的影响

朱德进¹, 张 辉², 黄 卉¹, 宁运旺², 张永春²

(1. 江苏省泰州市姜堰区农业委员会, 江苏泰州 225500;

2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏南京 210014)

摘要:通过在姜堰地区的大田试验,研究了不同施肥处理(大量营养元素缺失、微量元素增施、氮肥不同用量处理以及农民习惯施肥)在不同地力水平条件下对油菜产量和经济效益的影响。结果表明:(1)缺施氮、磷、钾中任何一种养分时均能引起油菜产量的显著降低,对产量的影响为氮>磷>钾,而缺氮处理与CK处理相比则增产不增收;(2)硼肥、锌肥增施与氮磷钾处理相比,对姜堰地区的油菜产量和经济效益均没有显著影响,与FFP相比,增施硼肥增产增收,而增施锌肥增产减收;(3)产量和经济效益均随着氮肥施用量的增加而显著增加,但当氮肥施用量提高到270 kg/hm²时,继续提高施氮量反而会降低油菜产量和经济效益,综合考虑最高产量施氮量以及最佳经济施氮量对产量和经济效益的影响,低、中、高地力土壤推荐施氮量分别为239、250、246 kg/hm²,与当地习惯施氮量(195 kg/hm²)相比,在该地区油菜施肥中应适当提高氮肥施用量,以起到增产增收的效果;(4)不同地力水平下,为了获得油菜高产,氮、磷肥的施用量可以相同,钾、硼、锌肥用量在低地力水平下可以适当增加。

关键词:土壤地力;施肥;油菜;产量;经济效益

中图分类号: S634.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0073-04

我国是世界上最大的油菜生产国,油菜种植面积和总产量均占世界总量的1/3,但是我国油菜籽粒单产与加拿大、澳大利亚、英国、法国等发达国家还有较大差距,单产提升具有很大的潜力^[1]。已有研究表明,科学施肥可以显著提高油菜产量和经济效益^[2-4]。邹娟等采用“3414”肥料效应试验设计方案进行田间试验,探讨直播油菜氮磷钾肥的适宜用量,结果表明,氮、磷、钾配合施用显著提高油菜产量,且增产大小顺序为氮>钾>磷^[5]。许征宇等研究表明氮、磷、钾、硼配合施肥对油菜产量具有重要影响,当施用氮、磷、钾、硼肥分别为180、120、90、15 kg/hm²时,可以使安徽贵池地区的油菜达到产量效益最大化^[6]。油菜生产实践中,氮肥施用过低或者过高,都是影响油菜产量与效益的主要问题之一^[7-8]。硼肥施用可以增加油菜产量^[9-11],锌肥对油菜也有一定的增产效果,尤其是硼、锌配施的增产效果更好^[12]。但是,这些研究均具有一定局限性,综合考虑大量元素、微量元素以及氮肥不同用量多因素下对油菜甘薯产量和经济效益的影响研究并不多见。

长江流域是我国油菜的集中生产区,常年种植面积600万hm²左右,占全国油菜种植面积的80%以上,年总产量约占全国的85%^[13],但由于该地区地理位置的原因,使得该

地区土壤地力分布不均^[14]。而对不同地力水平下施肥模式对油菜产量和经济效益的研究较少,农民的习惯施肥常以经验为主,不仅不能带来高产,而且污染环境、浪费资源,与作物生产的“高产、优质、高效、生态、安全”的目标相违背。因此,研究该地区不同地力水平上油菜的科学施肥技术,既能保证油菜产量,又能保护环境,节约资源,提高农民收益。

因此,本研究通过野外大田试验,探讨了多种不同施肥措施,包括大量营养元素的缺施、微量营养元素的增施以及不同氮素用量下对长江流域江苏姜堰油菜典型种植区域高中低不同地力条件下的油菜产量的影响,同时对各施肥处理下的经济效益进行分析,为该地区油菜生产提供理论依据和数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

泰州市姜堰区地处江淮平原,属于北亚热带季风气候,季风环流气候影响显著,四季分明,冬夏较长,春秋较短,常年平均气温14.5℃,年平均积温5365.6℃,年平均降水量991.7mm,年平均雨日117d,年平均日照时数22059h,无霜期215d。作物生长期较长,日平均气温高于10℃的作物生长期平均为223d,高于15℃喜温作物生长期172d。全年气候温暖,光照充足,雨水充沛,农业气候条件优越。土壤质地为潮土。根据以往多年平均产量差异,本研究选择姜堰地区3块地力水平不同的典型油菜种植区田块进行试验,其理化性质如表1所示。前茬作物均为水稻,当季油菜品种为华双4号。

1.2 试验设计

田间试验于2008年9月至2009年5月进行。田间试验共设11个肥料处理,各处理的施肥量如表2所示。其中,

收稿日期:2013-02-05

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)3037];国际植物营养研究所国际合作项目(编号:JIANGSU-10)。

作者简介:朱德进(1966—),男,江苏泰州人,高级农艺师,主要从事土壤肥料研究与推广工作。E-mail:zdzj@tom.com。

通信作者:张永春,研究员,主要从事植物营养与施肥方面研究。

Tel: (025)84390242; E-mail: yczhang66@sina.com。

表 1 试验小区土壤基本理化性质

试验地点	pH 值	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效硼 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)
高地力	7.45	14.64	0.95	119.95	6.44	60.16	0.36	0.68
中地力	7.38	12.01	0.81	120.96	8.87	44.54	0.39	0.36
低地力	7.29	12.33	1.05	162.29	4.38	28.91	0.23	0.37

60%氮肥,62.5%钾肥,全部磷肥、硼肥和锌肥均作为基肥施入,剩余部分氮肥分别于越冬期、抽薹前期追施,追施比例均为 20%;剩余钾肥也分别于越冬期、抽薹前期追施,追施比例分别为 20%、17.5%。每处理设 3 个重复,共有 33 个小区,每个小区均设为 4 m×5 m,试验品种为华双 4 号,种植密度为 10.5 万株/hm²。在油菜收获后,对每个小区油菜进行单收单打,并测定产量。

表 2 试验各处理施肥情况

编号	肥料设置	施肥量(kg/hm ²)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	硼砂	硫酸锌
T1	CK	—	—	—	—	—
T2	氮磷钾硼	180	90	120	15	—
T3	磷钾硼	—	90	120	15	—
T4	氮钾硼	180	—	120	15	—
T5	氮磷硼	180	90	—	15	—
T6	氮磷钾	180	90	120	—	—
T7	氮磷钾硼锌	180	90	120	15	30
T8	1/2 氮 + 磷钾硼	90	90	120	15	—
T9	3/2 氮 + 磷钾硼	270	90	120	15	—
T10	2 氮 + 磷钾硼	360	90	120	15	—
T11	农民习惯施肥 (FFP)	195	18.75	37.5	—	—

注:“—”表示未施用该肥料。

2 结果与讨论

2.1 大量营养元素对油菜产量和经济效益的影响

不施肥(CK)、配合施肥(氮磷钾硼)、缺氮(磷钾硼)、缺磷(氮钾硼)、缺钾(氮磷硼)以及农民习惯施肥(FFP)产量和经济效益结果表 3 所示。不同地力水平下,这 6 个处理之间油菜产量均表现出显著差异($P < 0.05$)。与配合施肥(氮磷钾硼)相比,缺施氮、磷、钾中任何一种养分均能引起油菜产量的降低,在缺素条件下,缺钾处理(氮磷硼)、缺磷处理(氮钾硼)、缺氮处理(磷钾硼)产量依次递减,表明在该地区氮对油菜产量影响最大,其次为磷,而钾肥的影响最小。从经济效益分析,不同地力水平下,配合施肥(氮磷钾硼)均能获得最高经济效益,高于农民习惯施肥获得的经济效益,特别在中低地力水平条件下,该差异达到显著水平($P < 0.05$)。在缺素条件下,缺钾处理(氮磷硼)、缺磷处理(氮钾硼)、缺氮处理(磷钾硼)经济效益总体表现为依次递减。但是在高地力水平条件下,缺磷处理(氮钾硼)与缺氮处理(磷钾硼)之间产量显著降低,但是经济效益降低并未达到显著水平,且与 CK 处理之间产量效益也无显著差异;在中地力水平下,缺氮处理(磷钾硼)与 CK 处理之间产量效益也无显著差异;低地力水平下,缺磷处理(氮钾硼)与缺氮处理(磷钾硼)之间以及缺氮处理(磷钾硼)与 CK 之间均表现出产量差异显著,但是经济效益差异不显著。可见,在该地区,对产量影响为氮 > 磷 > 钾,但是对经济效益的影响则不同地力水平下,表现出一定程

度的增产不增收的现象。

邹小云等对 2008—2009 年江西的 12 个田间试验的结果进行统计,与氮磷钾硼配施相比,任一元素的缺施,均造成明显减产,且以不施氮肥减产最明显,再者,氮肥的施用也是对油菜增收的关键因素^[2]。陈正刚等研究结果表明,氮、磷、钾、硼肥配合施用(氮磷钾硼处理)平均产量为 1 851.7 kg/hm²,与磷钾硼、氮钾硼、氮磷硼处理、农民习惯相比,分别增收油菜籽 34.81%、25.40%、17.91%、9.34%,分别提高净收益 1 797.39、1 550.00、966.60、1 486.74 元/hm²,各肥料增产增收顺序为氮 > 磷 > 钾^[15],与本研究结果氮磷钾肥对产量和经济效益的影响基本一致。而本研究中,在高中低地力条件下,缺氮(磷钾硼)处理与 CK(不施肥)处理之间表现出的产量显著降低,但是经济效益之间差异不显著的现象即增产并不增收的现象在实际生产中也普遍存在^[16-17]。邹小云等的试验也出现相同的结果,其解释的原因为缺氮处理中,由于氮的缺乏,施用的磷钾肥没有发挥最佳效果^[2]。张奇春等^[18]以及李文西等^[19]的研究中也报道了基本一致的观念。

表 3 氮磷钾肥缺施对油菜产量和经济效益的影响

肥料设置	产量(kg/hm ²)			经济效益(元/hm ²)		
	高	中	低	高	中	低
CK	1 480f	1 332f	1 214f	5 179c	4 661e	4 249e
氮磷钾硼	2 948a	2 876a	2 717a	8 538a	8 288a	7 731a
磷钾硼	1 759e	1 682e	1 620e	5 161c	4 890e	4 675de
氮钾硼	2 010d	1 966d	1 828d	5 632c	5 476d	4 993d
氮磷硼	2 340c	2 256c	2 140c	6 852b	6 558c	6 151c
FFP	2 677b	2 505b	2 338b	8 304a	7 705b	7 119b

注:表中数据为 3 个重复的平均值。同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);油菜籽价格为 3.5 元/kg,氮价格为 4.35 元/kg、P₂O₅ 为 4.17 元/kg、K₂O 为 3.67 元/kg,硼砂为 12 元/kg。表 4、表 5、表 6 同。

2.2 微量元素对油菜产量的影响

大量营养元素平衡施肥处理(氮磷钾)、增施微量营养元素处理(氮磷钾硼、氮磷钾硼锌),以及农民习惯施肥(FFP)的产量和经济效益结果如表 4 所示。结果表明,与氮磷钾处理相比,增施硼、锌肥虽然一定程度上增加了油菜产量,但是统计学上均无显著差异($P > 0.05$),但是增施硼、锌肥与农民

表 4 硼锌肥增施对油菜产量和经济效益的影响

肥料设置	产量(kg/hm ²)			经济效益(元/hm ²)		
	高	中	低	高	中	低
氮磷钾	2 909a	2 861a	2 691a	8 582a	8 414a	7 819a
氮磷钾硼	2 948a	2 876a	2 717a	8 538a	8 288a	7 731a
氮磷钾硼锌	2 987a	2 906a	2 729a	8 376a	8 091ab	7 472ab
FFP	2 677b	2 505b	2 338b	8 304a	7 705b	7 119b

注:硫酸锌价格为 10 元/kg。

习惯施肥相比,产量显著增加。从经济效益分析,高中低地力水平条件下,增施硼、锌肥(氮磷钾硼锌)与农民习惯施肥(FFP)之间均表现出增产不增收的结果。

一般认为,油菜生长中严重缺硼导致油菜花而不实,中轻度缺硼影响产量^[11]。而油菜对锌并不敏感,但是控制合理的锌肥施用也能增加油菜产量^[20-21]。王利红等的研究则表明硼的增产效果要高于锌的增产效果^[22]。邹娟等认为在氮磷钾平衡施用基础上,硼肥的施用在低硼地区(土壤含硼量低于 0.6 mg/kg)能使油菜产量增加 17.8%,在高硼地区(土壤含硼量高于 0.6mg/kg)能使油菜产量增加 6.0%^[17],这与本研究的结果有冲突,可能与本试验中土壤本身含有其他养分状况有关,导致硼肥施用的增产效果没有达到显著水平。

氮磷钾硼处理与 FFP 处理之间表现出显著增产增收的结果,而氮磷钾硼锌处理与 FFP 处理之间则均表现出增产不增收的结果。氮磷钾硼处理与氮磷钾硼锌处理之间的产量和经济效益均无显著差异,且氮磷钾硼锌处理产量虽然在数值上高于氮磷钾硼处理,但是经济效益数据相对值却低于氮磷钾硼处理。科学施肥技术能否得到大面积推广应用,关键仍然于是否能提高农民收益,获得更高的经济效益,增施硼肥起到显著的增产增收的效果,而锌肥由于并没有起到显著的增产效果,价格又高,增施锌肥反而会降低农民收入。因此,在该地区适宜大面积推广氮磷钾硼配合施用。

2.3 不同氮肥用量对油菜产量和经济效益的影响

不同施氮水平下油菜产量和经济效益结果见表 5。总体看来,不同地力水平下,氮肥施用对油菜产量影响一致,均随着氮肥施用量的增加,油菜产量增加,但是当氮肥施用量高于 270 kg/hm² (3/2 氮)时,继续增加氮肥施用量到 360 kg/hm² (2 氮),油菜产量则出现下降的趋势,对经济效益的影响与对产量影响趋势一致。由氮肥施用量和油菜产量的关系以及氮肥施用量和经济效益之间的关系(拟合得到二次多项式),进一步计算得到高、中、低地力水平下油菜最高产量施氮量分别

为 281、288、278 kg/hm²;高、中、低地力水平下油菜最佳经济施氮量分别为 246、250、229 kg/hm²,且由最佳产量施氮量和最佳经济施氮量计算分别对应的最高产量和最佳经济效益(表 5)。结果表明,同一地力水平下,油菜获得最高产量的施氮量均高于获得最高经济效益条件下的施氮量,高、中、低地力水平条件下分别高出 14%、15%、16%,但是,与此对应的产量水平则分别只增加 0.68%、0.79%、0.87%,再者,与此对应的经济效益水平,则在高地力水平条件下增加 6.5%,而在中、低地力水平下则分别降低了 0.99%、1.10%。因此,在高、中、低地力水平条件下,应以获得最高经济效益条件下的施氮量为推荐施氮量。与农民习惯施肥(氮 195 kg/hm²)相比,该地区农民习惯施氮量均明显偏低,因此,在该地区的油菜施肥中应该适当增加氮肥施用量,达到增产增收的结果。

氮肥用量过低制约油菜高产,而过高则会造成氮素的奢侈吸收,降低氮肥利用率,带来环境问题^[23-24]。李志玉等通过不同供氮水平的田间试验,研究氮肥对双中 9 号产量和品质的影响,结果表明,氮肥适宜用量为纯氮 180~257.3 kg/hm²,低于 180 kg/hm² 则不能满足高产优质的氮素需求,而高于 257.3 kg/hm² 则会降低产量和施肥经济效益^[25]。袁卫红的研究也表明 0~225 kg/hm² 范围内,油菜产量随着施氮量的增加而增加,但是当施氮量达到 300 kg/hm² 时,产量开始下降,达到 375 kg/hm² 时,产量则显著降低^[26]。这些研究与本研究具有一致性,但是也有研究表明,氮肥用量与油菜产量并不呈显著的抛物线关系。陈正刚等研究结果表明,在氮肥施用量为 0~360 kg/hm² 范围时,氮肥用量与贵州地区油菜籽产量存在正相关关系^[15]。杨丽娟等发现油菜产量在低氮肥施用条件下,油菜产量和不施肥处理没有显著差异,只有氮肥施用量达到一定程度时,氮肥才能显著提升油菜的产量;但是在氮肥施用量提高到一定程度后,进一步提升氮肥施用量和油菜产量之间并不存在显著相关关系^[27],而不是本研究中的高氮肥施用对油菜具有减产效应。

表 5 施氮水平对油菜产量和经济效益的影响

肥料设置	产量(kg/hm ²)			经济效益(元/hm ²)		
	高	中	低	高	中	低
磷钾硼	1 759e	1 682d	1 620e	5 161e	4 890d	4 675d
1/2 氮 + 磷钾硼	2 375d	2 242c	2 156d	6 924d	6 459c	6 158c
氮磷钾硼	2 948b	2 876a	2 717b	8 538ab	8 288a	7 731a
3/2 氮 + 磷钾硼	3 166a	3 005a	2 875a	8 910a	8 346a	7 891a
2 氮 + 磷钾硼	2 964b	2 887a	2 685b	7 811c	7 544b	6 837b
FFP	2 677c	2 505b	2 338c	8 304bc	7 705b	7 119b
最高产量施氮量 + 磷钾硼	3 103	2 995	2 832	12 201	8 234	7 696
最佳经济施氮量 + 磷钾硼	3 082	2 971	2 807	11 456	8 316	7 782

2.4 不同地力水平对油菜产量的影响

不同施肥处理条件下,地力水平的差异对油菜产量的影响见表 6。结果表明,不施肥条件下,高地力水平下油菜产量显著高于中、低地力水平下的油菜产量。缺氮(磷钾硼)、缺磷(氮钾硼)处理条件下,地力水平对油菜产量无影响,可见,氮和磷不是造成不同地力水平下油菜产量差异的主要因素,这与供试小区的土壤氮、磷含量结果吻合,土壤地力高低与氮、磷含量并没有相关性;再者,高中低不同地力水平条件下的推荐施氮量在 239~250 kg/hm²,施氮量对油菜产量的影响

在不同地力水平下并无显著差异。缺钾(氮磷硼)和不施硼(氮磷钾)处理下,高地力水平下的油菜产量显著高于低地力水平,而中地力水平下的油菜产量则与高、低水平均无显著差异,增施微量营养元素处理(氮磷钾硼、氮磷钾硼锌)处理下,高、中地力水平下,油菜产量无显著差异,但均显著高于低地力水平下的油菜产量,这与供试小区的土壤钾、硼、锌含量结果吻合,高地力供试小区的钾、硼、锌含量分别是低地力供试小区的 2、1.6、1.8 倍。因此,在姜堰地区不同地力条件下,为了获得油菜高产,氮肥和磷肥的施用量可以相同,钾、硼和锌

表 6 地力水平对油菜产量的影响

kg/hm²

地力水平	施肥处理										
	CK	氮磷钾硼	磷钾硼	氮钾硼	氮磷硼	氮磷钾	氮磷钾 硼锌	1/2 氮 + 磷钾硼	3/2 氮 + 磷钾硼	2 氮 + 磷钾硼	FFP
高	1 480a	2 948a	1 759a	2 010a	2 340a	2 909a	2 987a	2 375a	3 166a	2 964a	2 677a
中	1 332b	2 876a	1 682a	1 966a	2 256ab	2 861ab	2 906a	2 242ab	3 005ab	2 887a	2 505ab
低	1 214b	2 717b	1 620a	1 828a	2 140b	2 691b	2 729b	2 156b	2 875b	2 685b	2 338b

肥用量在低地力水平下应该适当高于高地力水平。

3 结论

缺失氮、磷、钾中任何一种养分时均能引起油菜产量的显著降低,对产量的影响为氮>磷>钾,而缺氮处理与 CK 处理相比则增产不增收。硼和锌增施与氮磷钾处理相比,对姜堰地区的油菜产量没有显著的增产效果,与 FFP 相比,增施硼肥增产增收,而增施锌肥增产减收。氮肥用量在 0~270 kg/hm² 时油菜产量和经济效益均随着氮肥施用量的增加而显著增加,继续提高施氮量反而会降低油菜产量和经济效益,综合考虑最高产量施氮量以及最佳经济施氮量对产量和经济效益的影响,高、中、低地力水平下氮肥施用量在 239~250 kg/hm²,与当地习惯施氮量(195 kg/hm²)相比,在该地区油菜施肥中应适当提高氮肥施用量,以起到增产增收的效果。不同地力水平下,氮、磷肥施用对产量无显著影响,在低地力水平下,钾、硼、锌肥用量适当增加,可以提高低地力水平下的油菜产量。

参考文献:

[1] 鲁剑巍,陈 防,张竹青,等. 磷钾肥配合施用对油菜产量及养分积累的影响[J]. 中国油料作物学报,2003,25(2):52-55.

[2] 邹小云,陈伦林,李书宇,等. 氮、磷、钾、硼肥施用对甘蓝型杂交油菜产量及经济效益的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(5):917-924.

[3] Brennan R F, Bolland M D A. Effect of fertiliser phosphorus and nitrogen on the concentrations of oil and protein in grain and the grain yield of canola (*Brassica napus* L.) grown in south-western Australia[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture,2007,47(8):984-991.

[4] Brennan R F, Bolland M A. Influence of potassium and nitrogen fertiliser on yield, oil and protein concentration of canola (*Brassica napus* L.) grain harvested in south-western Australia[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture,2007,47(8):976-983.

[5] 邹 娟,鲁剑巍,李银水,等. 直播油菜施肥效应及适宜肥料用量研究[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1):90-94.

[6] 许征宇,张祥明,胡 润,等. 油菜氮磷钾肥效应研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(5):2297-2299.

[7] 李银水,鲁剑巍,邹 娟,等. 湖北省油菜氮肥效应及推荐用量研究[J]. 中国油料作物学报,2008,30(2):218-223.

[8] Shepherd M A, Sylvester - Bradley R. Effect of nitrogen fertilizer applied to winter oilseed rape (*Brassica napus*) on soil mineral nitrogen after harvest and on the response of a succeeding crop of winter wheat to nitrogen fertilizer[J]. The Journal of Agricultural Science, 1996,126(1):63-74.

[9] 年夫照,石 磊,徐芳森,等. 硼对不同硼效率甘蓝型油菜产量和品质的效应[J]. 中国油料作物学报,2004,26(4):63-65.

[10] 廖 星,王江薇,金河成,等. 硫氮或硫硼配合对油菜籽产量及品质的影响[J]. 土壤通报,2001,32(4):180-181.

[11] 陈 钢,年夫照,徐芳森,等. 硼、钼营养对甘蓝型油菜产量和品质的影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(2):243-247.

[12] 张国强,何 华,李宗堂. 钾、硼、锌肥对油菜的增产效果[J]. 土壤肥料,1998(2):47-47.

[13] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴:2005[M]. 北京:中国统计出版社,2006.

[14] 陆贤良,瞿廷广,施正连. 长江中下游地区耕地现状与修复[J]. 安徽农业科学,2005,33(3):540-546.

[15] 陈正刚,鲁剑巍,李 剑,等. 施肥及氮肥用量对杂交油菜氮磷钾吸收量及产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(22):253-257.

[16] 鲁剑巍,陈 防,余常兵,等. 油菜施钾效果及土壤速效钾临界值初步判断[J]. 中国油料作物学报,2003,25(4):107-112.

[17] 邹 娟,鲁剑巍,陈 防,等. 氮磷钾硼肥施用对长江流域油菜产量及经济效益的影响[J]. 作物学报,2009,35(1):87-92.

[18] 张奇春,王光火. 长期不同施肥下杂交稻与常规稻的产量与土壤养分平衡[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(3):340-345.

[19] 李文西,鲁剑巍,鲁君明,等. 江汉平原苏丹草——黑麦草轮作中氮磷钾肥效果及养分利用率[J]. 草地学报,2007,15(5):460-464.

[20] 马生发. 冬油菜氮磷肥与硼锌微肥配合施用的效果[J]. 甘肃农业科技,2002(1):33-35.

[21] 李孟良,刘芳荣,马荣浩,等. 油菜锌硼配合施用效果研究[J]. 安徽技术师范学院学报,2003,17(1):42-43.

[22] 王利红,徐芳森,王运华. 硼钼锌对双低油菜华双4号籽粒发育进程中干物质累积的影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(1):49-53.

[23] 张 炎,史军辉,李 磐,等. 农田土壤氮素损失与环境污染[J]. 新疆农业科学,2004,41(1):57-60.

[24] 易时来,石孝均. 油菜生长期氮素在紫色土中的淋失[J]. 水土保持学报,2006,20(1):83-86.

[25] 李志玉,郭庆元,廖 星,等. 不同氮水平对双低油菜中双9号产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(2):184-188.

[26] 袁卫红. 不同施氮水平对两系杂交油菜两优586产量及经济性状的影响[J]. 中国油料作物学报,2002,24(2):50-52.

[27] 杨丽娟,梁成华,须 晖. 不同用量氮、钾肥对油菜产量及品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1999,30(2):109-111.