

稻田不同耕作制下有机质和氮磷钾的变化研究*

曾希柏

(中国农业科学院山区研究室 北京 100081)

关光复

(湖南省岳阳市农科所 岳阳 414000)

摘要 6a 定位研究的结果表明,在东洞庭湖地区土壤、气候及施肥等条件下,4种主要耕作制中,稻-稻-冬闲耕作制不仅产量较低,而且经济效益也较差,并有可能导致土壤肥力的下降和退化;稻-稻-肥(紫云英)耕作制则具有一定的增产效果,并且有较高的经济效益,土壤肥力亦呈现出上升和进化的趋势;稻-稻-麦(大麦)和稻-稻-油(油菜)耕作制则不仅使土地的利用率提高,增加了单位面积的产量,且土壤肥力也同样得到了上升和进化,但其经济效益稍低。因此,从各方面综合衡量,实行稻-稻-肥与稻-稻-麦(大麦)或稻-稻-油(油菜)轮作,可能是该地区现有条件下较为理想的耕作制度。

关键词 耕作制度,土壤肥力,定位监测,有机质

THE CHANGE OF ORGANIC, NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM NUTRIENT IN THE DIFFERENT CROPPING SYSTEM

ZENG Xi-Bo

(Upland Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, China)

GUAN Guang-Fu

(Yueyang Research Institute of Agricultural Sciences, Hu'nan, Yueyang, 414000, China)

Abstract A six-year's follow-up monitoring program was accomplished on the fields in east Dongting lake. It was found that, at the same condition, for four main cropping systems had different effects on soil fertility. Rice-rice system lead to low yield, a decrease and retrogression of soil fertility. Rice-rice-green manure system lead to yield increase to some extent and bring about good economical benefit. Under this system, soil fertility appeared an increasing and evolution trend. Rice-rice-wheat and Rice-rice-rape systems could not only make a full use of the land and yield increase, but also could make the fertility increase and evolution. However, under latter two systems, economic benefit was relatively low. Comparing all the advantages and disadvantages of four systems, It is suggested that alternatively using Rice-rice-green manure system and rice-rice-rape (or rice-rice-wheat) system will probably be a better cropping system.

Key words cropping system, soil fertility, follow-up monitoring.

* 本文为湖南省土壤肥力监测点的部分结果,并得到中国和比利时合作项目“中国不同气候带土地资源可持续利用模式研究”资助。岳阳市农科所周玉林、曾高亮、张 胜、纪雄辉等同志参加了部分工作,特此致谢!

收稿日期:1996-08-06,修改稿收到日期:1997-06-07。

稻田耕作制度的安排,既受一个地区光、热等自然条件的影响,又受该地区耕作水平的限制,同时,对单位面积产量和土壤肥力的变化亦具有一定的作用。我国人口多、可耕地少,后备耕地资源严重不足,因此,采取合理的耕作制度,使之既能在单位面积中获得更多的农产品,又有利于土壤肥力的进化与发展,这是当前农业生产中最为现实、又是极为迫切的重要课题,关于耕作制度与土壤肥力及养分平衡等的研究,虽然已有人在此前作过一些有益的探讨^[1-6],但是,随着农业生产水平和施肥水平的进一步提高,农业生态系统中养分的变化及其平衡亦将会出现不同的趋势。笔者应用长期定位试验的方法,对东洞庭湖地区现有耕作及施肥水平下,4种不同耕作制度的土壤养分变化趋势等进行了定位研究,现将有关结果总结于后。

1 试验设计及方法

试验在东洞庭湖区的湖南省岳阳市农科所内试验地中进行,从1987年开始已进行了6a。供试土壤为板页岩母质发育的潜育性黄泥田,其肥力中等偏下,耕层土壤(0~20cm)的理化性质为:pH6.14;有机质15.8g/kg;全氮1.14g/kg;碱解氮86.0mg/kg;全磷(P)0.94g/kg;速效磷15.9mg/kg;全钾(K)19.0g/kg;速效钾83.0mg/kg;缓效钾259.0mg/kg;CEC8.90cmol/100g土;耕层容重1.44g/cm³。

根据东洞庭湖区的气候特点和耕作习惯,本试验共设置以下5个处理,即A.稻-稻-冬闲耕作制;B.稻-稻-肥(紫云英)耕作制;C.稻-稻-麦(大麦)耕作制;D.稻-稻-油耕作制;E.对照(稻-稻-冬闲耕作制),全年不施任何肥料。

试验小区面积为14.2×7.0=99.4m²,按定位试验的设计和要求,各小区间均用红砖水泥墙隔开(墙高出大田平面0.3m,地下埋深0.4m),试验期间的田间管理按大田方式进行。各处理每季作物收割后,均分别晒干、称重、计产,并在收割的当天按“S”形取植株样(10蔸)作为考种、化验之用。每年晚稻收割后,同时按上述方法取各处理耕层样(0~20cm),以进行有关分析化验。

各处理在水稻种植期间,肥料的施用量参照湖南省水稻测土配方施肥的有关方案进行,冬季作物的施肥按试验开始时本地区的习惯用量进行,其中有机肥的施用从第2年起均按其含氮量折算成与第1年施用的有机氮量一致的量,其实际施用量范围为紫云英20000~24000kg/hm²、猪粪12000~15000kg/hm²,6a的平均施肥见表1。

表1 各处理平均施肥量(kg/hm²·a)

Table 1 Average application rate of each treatment in every years

处 理 Treatments	早 稻		Early rice			晚 稻		冬 作				Winter crops			
	紫云英		化 肥			Late rice		猪 粪				化 肥			
	Amethyst		Chem. ferti.					Hog manure				Chem. ferti.			
	C	N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
A	—	—	148.0	15.0	45.0	162.0	67.0	—	—	—	—	—	—	—	
B	1120.0	73.0	75.0	15.0	45.0	162.0	67.0	—	—	—	—	—	—	—	
C	—	—	148.0	15.0	45.0	162.0	67.0	2100.0	63.4	75.5	134.8	91.6	45.0	68.0	
D	—	—	148.0	15.0	45.0	162.0	67.0	2100.0	63.4	75.5	134.8	91.6	45.0	45.0	

注:1.紫云英中的磷钾因基本上来自本田,故未计入施用量中;Total application rate not counted the P and K in amethyst. 2.晚稻用肥全为化肥;Fertilizers of late rice is all chemistry fertilizer.

试验中土壤、植株及猪粪样品中养分的测定均参照中国土壤学会农业化学专业委员会编《土壤农业化学常规分析方法》(1984年)进行。

2 试验结果及讨论

2.1 不同耕作制与作物产量

表2为各耕作制处理下产量的年变化情况。结果表明,虽然各处理的耕作措施及氮肥的施用量基本一致,但由于受耕作制度等的影响,各处理稻谷产量还是出现了一定的差异,6a平均以稻-稻-肥处理较高,而以稻-稻-冬闲处理较低,其它2处理则居中,且二者间无明显差异。但是,如果将冬季作物的产量计算在内,则稻-稻-麦和稻-稻-油2处理的产量明显要高于稻-稻-冬闲和稻-稻-肥2处理。也就是说,冬季种粮、油等作物,可以在基本上不影响早、晚稻稻谷产量的前提下,增加一季收获物,因而有效地提高了单位面积稻田的

年产量。笔者认为:这是在人多地少地区增加收获物产量的一条有效途径。6a 中产量的变化情况,试验的第2年由于多阴雨、第3年则又因少雨等原因使水稻的生长受到了一定的影响,因而产量较其它各年度要低。对照区由于连年不施任何肥料,所以产量低,仅为其它处理的53.7%~57.3%,且年变幅大。

表2 不同耕作制条件下的产量变化(kg/hm²)

Table 2 Yield change in different cropping systems

处理 Treatments	第1年 1st year	第2年 2nd year	第3年 3rd year	第4年 4th year	第5年 5th year	第6年 6th year	6年平均 Average
稻-稻-冬闲 ^①	11750	9135	9588	10805	12123	11097	10750
稻-稻-肥 ^②	11660	9497	11137	12163	12636	11800	11482
稻-稻-麦 ^③	11704	9326	10140	11600	12223	11388	10897
	—	(2193)	(1147)	(2485)	(2022)	(2565)	(2082)
稻-稻-油 ^④	11137	9004	9860	10865	12676	11700	10874
	—	(1167)	(1076)	(1237)	(1127)	(1247)	(1171)
对 照(CK)	8028	5292	4708	5262	7756	5936	6164

* 括号内为冬作产量。They are yields of winter crops in the brackets. ① Rice-rice, ② Rice-rice-green manure, ③ Rice-rice-wheat, ④ Rice-rice-rape.

4种耕作制度的经济效益比较,如果肥料、谷物等均按试验期间的不变价格计算,则在本研究的耕作及施肥水平下,每投资1元肥料成本,稻-稻-冬闲可获纯利润15.00元,稻-稻-肥的纯利润可达到15.89元,稻-稻-麦和稻-稻-油则分别仅获纯利润11.32元和14.61元。也就是说,稻-稻-麦和稻-稻-油两处理的经济效益相对较低。其主要原因:①种植紫云英,相对节省了化肥的成本支出;②冬作(大麦、油菜)的施肥是按当地的习惯进行,因而难免存在部分养分的浪费,从而增加了成本、降低了经济效益等,这是在冬作的施肥上有待解决的问题之一。

2.2 不同耕作制下土壤有机质的变化情况

土壤有机质作为衡量土壤肥力的一个重要指标,其研究一直十分活跃^[1~3,7~11],而且,从大多数研究结果来看,有机质的积累和分解,确实对土壤肥力的进化和退化产生了很大的影响,或者说,土壤有机质的消长,对土壤肥力的高低是具有一定的决定作用的。

不同的耕作制度,由于作物(主要是冬季作物)的差异,在养分的吸收和需求等方面亦有所不同,因此,无论是土壤有机质、还是氮磷钾等养分含量的变化等,都将受到不同程度的影响。在本研究中,4种耕作制度下耕层(0~20cm)土壤中有机质含量的变化情况如表3。

从表中可以看出,在4种耕作制中,稻-稻-冬闲耕作制有机质含量较监测前有所下降,而其它3种耕作制则均有一定的上升,其中,以稻-稻-肥上升较多,稻-稻-油次之,而以稻-稻-麦处理上升较少。说明在肥力较低的稻田中,只要每年施入一定量的有机肥,就有可能使土壤中的有机质含量得以保持或提高,而推行稻-稻-肥耕作制,则可能是提高此类稻田有机质含量的最为有效的措施。不施肥区则土壤有机质含量下降很快,平均每年下降值达到0.7g/kg,相当于年消耗有机质1575kg/hm²,可见,其消耗量十分大。

各耕作制处理中有机肥的腐殖化系数,虽然在稻-稻-肥耕作制中,由于紫云英根系未计入施肥中,而使所求得的腐殖化系数相对较大,但在此种用量条件下,其腐殖化系数亦无疑要高于稻-稻-油和稻-稻-麦2处理,这一点可以从笔者以前的有关研究得到证明^[10,11]。而稻-稻-油和稻-稻-麦2处理比较,显然以稻-稻-油处理中有机肥的腐殖化系数要大。

2.3 不同耕作制下土壤氮素的变化状况

表4为监测前后各耕作制处理中耕层土壤氮素的变化情况。

从表4中可以发现,稻-稻-冬闲和稻-稻-肥两种耕作制,虽然全年的施氮量完全一致,但前者全氮含量较监测前下降了0.05g/kg,而后者则较监测前上升了0.07g/kg;稻-稻-油和稻-稻-麦两种耕作制全年的总施氮量亦相同,但前者全氮含量的增加不及后者的一半。这种结果说明,不同的耕作制度、或者说不同的作物类型,对肥料氮素的转化效果是有差异的,在同等条件下,施用绿肥(紫云英)或种植油菜显然较有利于

土壤中氮素的累积。

表3 不同耕作制条件下土壤有机质的变化情况

Table 3 The change of soil organic matter in different cropping systems

处 理 Treatments	有机肥用量 Total application organic rate (kg/hm ²)	土壤有机质含量(g/kg) Soil organic				腐殖化系数 Humification coefficient
		试验前 Before test	第6年 6th year	改变值 Change number	净增减量 Net increment (kg/hm ²)	
稻-稻-冬闲 ^①	—	15.8	15.6	-0.2	-450.0	—
稻-稻-肥 ^②	9642.9	16.0	18.9	+2.9	+8525.0	0.68
稻-稻-麦 ^③	18150.9	15.9	17.2	+1.3	+2925.0	0.16
稻-稻-油 ^④	18150.9	16.0	18.1	+2.1	+4725.0	0.26
对 照(CK)	—	15.9	11.7	-4.2	-9450.0	—

注 Annotations: 1. 腐殖化系数=土壤有机质净增减量/有机肥用量; Humification coefficient=Net increment of soil organic/Total application organic(C) rate. 2. 净增减量=土壤改变量×耕层土重(以2250000kg/hm²计算); Net increment=Change number of soil organic×Weight of cultivated horizon soil (2250000kg/hm²). ① Rice-rice, ② Rice-rice-green manure, ③ Rice-rice-wheat, ④ Rice-rice-rape.

表4 不同耕作制条件下土壤氮素的变化状况

Table 4 The change of soil nitrogen in different cropping systems

处 理 Treatments	土壤氮素(g/kg) Soil nitrogen				作物吸收量 Total assimilation rate (kg/hm ²)	6a 总施氮量 Total application rate(N) (kg/hm ²)
	试验前 Before	第6年 6th year	改变值 Change number	净增减量 Net increment		
稻-稻-冬闲 ^①	1.14	1.09	-0.05	-112.5	1158.0	1860
稻-稻-肥 ^②	1.14	1.21	+0.07	+157.5	1220.0	1860
稻-稻-麦 ^③	1.14	1.18	+0.04	+90.0	1805.8	2790
稻-稻-油 ^④	1.14	1.23	+0.09	+202.5	1687.1	2790
对 照(CK)	1.14	0.97	-0.17	-382.5	706.2	—

说明 Annotation: 作物吸收总量系秸秆和籽粒的吸收量之和,根据每季作物收割时的实际产量与取样分析所得养分含量计算所得(下同)。Total assimilation rate of crops are the sum of assimilation rate of straw and seed. ① Rice-rice, ② Rice-rice-green manure, ③ Rice-rice-wheat, ④ Rice-rice-rape.

由于各耕作制处理中冬季作物的种类等方面的差异,因而影响到作物的生物产量,并进而使不同处理作物的氮素吸收量产生差异。上述几种耕作制比较,水稻从土壤中吸收的氮量以稻-稻-肥处理最高,但3季作物的总吸收氮量则以稻-稻-麦处理最多,6a 总吸收量达1805.8kg/hm²,稻-稻-冬闲处理则仅为1158.0kg/hm²。

不施肥的对照处理,由于长期实行只取不子的掠夺式经营,因此,土壤中氮素的含量下降较快,6a 共下降0.17g/kg,水稻的生长差、产量低,所吸收的氮素的量也相应要少得多,仅为其它处理的60%左右。

2.4 不同耕作制与土壤磷素的变化状况

各不同耕作制处理下耕层土壤磷素的变化情况如表5所示。

从表5中可以看出:在4种耕作制中,稻-稻-冬闲和稻-稻-肥2种耕作制虽然其磷肥施用量相同,但土壤全磷的变化趋势则不一样,稻-稻-冬闲较监测前下降了0.06g/kg,而稻-稻-肥则增加了0.02g/kg,这可能是由于紫云英对磷的吸收能力较强,将犁底层的磷部分富集到了耕作层所致。同样,速效磷的含量变化虽然2处理均较监测前下降,但稻-稻-肥处理与监测前比较仅下降2.1mg/kg,降低12.96%;而稻-稻-冬闲处理则较监测前降低了28.66%,即其下降幅度要大得多。稻-稻-麦和稻-稻-油比较,二者土壤中全磷和速效磷的含量均较监测前有所提高,但前者较监测前仅上升了11.18%,而后者则上升了23.42%,较前者要大得多,这亦可能是由于油菜对磷的吸收能力稍强于大麦所致。不施肥区则无论是全磷还是速效磷的含量均较监

测前有大幅度的下降,其中全磷下降了0.13g/kg,降低13.83%;速效磷下降7.8mg/kg,降低49.06%。可见,耕作制度的差异,同样有可能使耕作层土壤磷的变化幅度、甚至其变化方向发生改变。

表5 不同耕作制条件下土壤磷素的变化情况

Table 5 The change of soil phosphorus in different cropping system

处 理	土壤全磷(g/kg)		Soil total phosphorus		土壤速效磷(mg/kg)		Available P	作物吸收量	总施磷量
	试验前	第6年	改变值	净增减量	试验前	第6年	改变值	Assimilation	Application
	Before	6th year	Change number	Net increment	Before	6th year	Change number	rate	rate
Treatments				(kg/hm ²)				(kg/hm ²)	(kg/hm ²)
稻-稻-冬闲 ^①	0.94	0.88	-0.06	-135.0	15.7	11.2	-4.5	208.2	90.0
稻-稻-肥 ^②	0.94	0.96	+0.02	+45.0	16.2	14.1	-2.1	223.3	90.0
稻-稻-麦 ^③	0.94	1.05	+0.11	+247.5	16.1	17.9	+1.8	354.1	813.0
稻-稻-油 ^④	0.94	1.08	+0.14	+315.0	15.8	19.5	+3.7	315.9	813.0
对 照(CK)	0.94	0.81	-0.13	-292.9	15.9	8.1	-7.8	118.7	—

① Rice-rice, ② Rice-rice-green manure, ③ Rice-rice-wheat, ④ Rice-rice-rape.

各不同耕作制处理中作物对磷的吸收量,亦因其生物产量、对磷需要的差异等而不同。显然,稻-稻-肥处理中作物所吸收带走的磷要较稻-稻-冬闲多;而稻-稻-麦处理则要较稻-稻-油多,6年总计吸收量达到354.1kg/hm²;不施肥处理则6a中作物总吸收磷量仅118.7kg/hm²,显然,这与作物的生长及产量等是密切相关的。

2.5 不同耕作制下土壤钾素的变化状况

各不同耕作制处理下耕层土壤钾素的变化情况如表6所示。

从表中可以看出,稻-稻-冬闲和稻-稻-肥两处理,土壤全钾含量分别较监测前减少了0.4和0.1g/kg,相当于作物从耕作层中带走钾素150.0和37.5kg/hm²·a;稻-稻-麦和稻-稻-油2处理的含量则均呈微弱的上升趋势,分别较监测前增加0.2和0.1g/kg,相当于耕层土壤中净增加钾素75.0和37.5kg/hm²·a。而不施肥处理中,土壤全钾含量较监测前减少了0.7g/kg,即耕层土壤中钾素的损失量达262.5kg/hm²·a,是作物总吸钾量的1.98倍,说明在不施任何肥料的经营方式下,土壤钾素的消耗非常大的。

土壤速效钾的变化情况,稻-稻-冬闲和稻-稻-肥2种耕作制中,其含量分别较监测前下降了3.7mg/kg和2.6mg/kg,下降幅度分别为4.60%和3.06%,很明显是以前者下降较多、且下降幅度稍大;稻-稻-油和稻-稻-麦2种耕作制中,速效钾的含量则分别较监测前上升了8.1和10.8mg/kg,其上升幅度分别达到9.69%和13.20%,即以后者上升较多、且上升幅度较大,这种结果与这2种耕作制处理中钾肥施用量相对较大以及大麦和油菜对钾素的吸收利用特点等具有一定的联系。而不施肥处理则速效钾的下降显然更大,与监测前比较,其下降幅度达15.42%,亦说明其对土壤中钾素的消耗很大。

表6 不同耕作制条件下土壤钾素的变化情况

Table 6 The change of soil potash in different cropping systems

处 理	土壤全磷(g/kg)		Soil total phosphorus		土壤速效磷(mg/kg)		Available P		作物吸收量	总施磷量
	试验前	第6年	改变值	净增减量	试验前	第6年	改变值	Assimilation	Application	
	Before	6th year	Change number	Net increment	Before	6th year	Change number	rate	rate	
Treatments									(kg/hm ²)	(kg/hm ²)
稻-稻-冬闲 ^①	19.0	18.6	-0.4	-8.95	80.5	76.8	-3.7	1466.8	672.0	
稻-稻-肥 ^②	19.0	18.9	-0.1	-2.24	85.1	82.5	-2.6	1604.6	672.0	
稻-稻-麦 ^③	19.0	19.2	+0.2	+4.47	83.6	91.7	+8.1	1954.7	1686.0	
稻-稻-油 ^④	19.0	19.1	+0.1	+2.24	81.8	92.6	+10.8	1760.0	1571.0	
对 照(CK)	19.0	18.3	-0.7	-15.66	83.0	70.2	-12.8	795.8	—	

① Rice-rice, ② Rice-rice-green manure, ③ Rice-rice-wheat, ④ Rice-rice-rape.

作物对钾的吸收情况,稻-稻-冬闲与稻-稻-肥比较,前者因产量相对较低,故水稻吸收的钾量要略低于后者;稻-稻-麦与稻-稻-油比较,则前者的吸收量明显较后者多,这显然与小麦对钾的需要量较油菜多等有关,对照区则因土壤钾素含量低、供应不足,加上水稻生长差、产量低,因而作物的吸收量最少。

3 小 结

通过对上述4种耕作制的有关研究,可以认为,在东洞庭湖区所处的土壤、气候及耕作等条件下,中等偏下肥力的稻田中:

1)稻-稻-冬闲耕作制,由于土地的利用效率相对较低,且其同时还可能引起土壤中有机质及氮磷钾等含量的下降,即导致土壤肥力的退化,因此,应尽量予以避免。

2)稻-稻-肥耕作制,虽然冬季在稻田中种植了紫云英,但由于它基本上是用来还田作为第2年早稻的基肥,故并未增加收获产量。但是,由于紫云英具有固氮及养分富集作用,能将大气中的氮素变成植物可以吸收、利用的生物氮,同时还可活化土壤中的难溶态养分,并把底层养分向耕层富集,因此将紫云英直接还田,无疑增加了耕作层中有机质和氮素等的来源,使耕层中有机质及氮磷等的含量均得到提高,即使土壤肥力向上升和进化的方向发展,同时又节省了肥料,并具有一定的增产效果,经济效益也因此得以提高^[10,11]。因此,对肥力较低的稻田是适宜的。当然,从进一步提高经济效益着眼,可以用部分紫云英作为饲料,使之变成一种经济效益更高的种、养耕作制模式。

3)稻-稻-麦和稻-稻-油2种耕作制,有效地利用了稻田冬季的空闲时间,增加一季作物的收获,提高了单位面积的复种指数,使作物年收获产量提高。同时,土壤中有有机质及氮磷钾等养分的含量亦均有提高,即土壤肥力向上升和进化的方向发展,因而是一种较为有效的耕作制度,特别是在我国人多地少、粮食问题较为紧张的形势下,更值得大力提倡和推广。但也应该看到:在东洞庭湖地区内,冬季作物的施肥水平相对偏高,而其管理水平却较低,因而产量不高,其经济效益也较差。所以,对冬季作物的经济合理施肥等问题,还有待作更进一步的研究和探讨。

4)不施任何肥料的掠夺式经营,不仅导致低产,而且也使土壤中有有机质及氮磷钾等养分严重消耗,故在农业生产中必须予以杜绝;

5)通过上述几种耕作制的相互比较,笔者认为,在东洞庭湖地区目前所处的条件下,比较合理的耕作制度应该是稻-稻-肥与稻-稻-麦(或稻-稻-油)轮作。

参 考 文 献

- 1 谢德体,曾觉廷.水田自然免耕土壤肥力特征的研究.中国农业科学,1990,23(1):37~44
- 2 杨东方,李学垣.双季稻复种轮作与连作对土壤有机质性状影响的研究.中国农业科学,1990,23(2):51~56
- 3 李映强,曾觉廷.不同耕作制下水稻土有机质变化及其团聚作用.土壤学报,1991,28(4):404~409
- 4 秦祖平,徐 琪等.太湖地区两种稻麦轮作制中营养元素的循环(I).生态学报,1988,8(1):10~17
- 5 秦祖平,徐 琪等.太湖地区两种稻麦轮作制中营养元素的循环(II).生态学报,1989,9(3):245~25
- 6 江苏太湖地区农田协作研究组.太湖地区几种耕作制的物质循环状况.土壤通报,1983,(3):1~5
- 7 王维敏,张镜清等.黄淮海地区农田土壤有机质的研究.中国农业科学,1988,21(1):19~26
- 8 文启孝.我国土壤有机质和有机肥料研究现状.土壤学报,1989,26(3):255~261
- 9 杨秀华,黄玉俊.不同培肥措施下黄潮土肥力变化定位研究.土壤学报,1990,27(2):186~194
- 10 曾希柏,刘建华.稻田土壤有机质及氮磷钾养分平衡的监测研究.土壤通报,1993,24(3):115~117
- 11 曾希柏.潜育性水稻上有机无机氮肥配比对土壤养分平衡的影响.土壤通报,1995,26(5):210~212