红壤稻田种植制度的养分平衡特征*

周卫军 王凯荣 谢小立

(中国科学院长沙农业现代化研究所 长沙 410125)

摘要 试验研究了湘北红壤稻田系统4种植制度的养分平衡特征。结果表明,N、P、K养分输出为稻-稻-油种植制度>稻-稻-油(肥)种植制度>稻-稻-肥(紫云英)种植制度>稻-稻种植制度;N盈余量以稻-稻-肥种植制度最大,达18.4kg/hm²·a,稻-稻-油(肥)种植制度基本维持平衡,稻-稻种植制度表现亏缺,稻-稻-油种植制度亏缺最大,达38.9kg/hm²·a;4种植制度P和K均有亏缺,但以稻-稻-油种植制度亏缺量最大,分别为11.2kg/hm²·a和118.7kg/hm²·a,稻-稻-肥种植制度亏缺量最小;稻-稻-肥种植制度有机物质归还量最大,有利于有机质的积累,稻-稻种植制度有机物质归还量最小,有机质呈现亏缺状态。

关键词 红壤稻田 种植制度 养分平衡

Characteristics of nutrient balance of different cropping systems in paddy field of red earth. ZHOU Wei-Jun, WANG Kai-Rong, XIE Xiao-Li(Changsha Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125), *CJEA*, 2001, 9(1): 61~63

Abstract The characteristics of nutrient balance of 4 kinds of cropping systems were studied in paddy field systems of red earth in northern Hunan. The results show that the sequence of nutrient output of N, P and K is the cropping system of rice-rice-rape> the cropping system of rice-rice-rape (green manure)> the cropping system of rice-rice-green manure> the cropping system of rice-rice. The N surplus of the cropping system of rice-rice-green manure is 18.4kg/hm²·a, which is the biggest among 4 kinds of cropping systems. N nutrient of the cropping system of rice-rice-rape (green manure) is basically balanced. The cropping system of rice-rice shows the N deficit. The N deficit in the cropping system of rice-rice-rape is up to 38.9kg/hm²·a, which is the biggest. P and K of 4 kinds of cropping systems all show deficient, but the cropping system of rice-rice-rape is the biggest, being 11.2 kg/hm²·a and 118.7kg/hm²·a, respectively, and the cropping system of rice-rice-green manure is the smallest. Returning of organic matter of the cropping system of rice-rice-green manure is the biggest and favourable to accumulation of organic matter, and return of organic matter of the cropping system rice-rice is the smallest and shows negative balance in organic matter.

Key words Paddy field of red earth, Cropping system, Nutrient balance

红壤稻田系统生产力的可持续性就是使其土壤肥力具有可持续性,目前关于红壤稻田系统生产力的可持续性已有较多研究,而对于不同种植制度的养分平衡特征则研究较少。本研究采用定位试验方法研究了湘北红壤稻田系统几种植制度的养分平衡特征,为合理实施种植制度提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验在湖南省桃源县第四纪红色粘土发育的水稻土上进行。试验根据湘北红壤稻作地区的气候特点和耕作习惯设稻-稻种植制度(A),稻-稻-油种植制度(B),稻-稻-肥(紫云英)种植制度(C),稻-稻-油(肥)种植制度(D)(冬季作物油菜和绿肥轮作)4个处理,小区面积20m×15m,重复3次。供试化肥为尿素、过磷酸钙和红色钾肥,按当地习惯施肥量施入,油菜施猪粪2250kg/hm²·a、绿肥不施肥,早稻采用割穗高茬还田,晚稻秸秆不还田,绿肥全部还田,油菜

表1 各处理平均施肥量*

处理 Treatments	化肥/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Chemical fertilizer			有机肥/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Organic manure			合计/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Total		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
A	270.0	27.5	112.5	54.7	18.5	59.2	324.7	46.0	171.7
B	360.0	39.5	112.5	70.8	26.1	62.1	430.8	62.6	174.6
C	225.0	27.5	112.5	128.2	20.7	71.4	353.2	48.2	183.9
D	295.0	32.5	112.5	96.5	22.6	64.5	391.5	55.1	177.0

*表内数据为1990~1997年平均值,紫云英中的N按含N总量的60%作为固N量计入施肥量中,P、K基本源自试验田,故未计入施肥量中;还田猪粪和稻草按每年实际施用前分析结果计算。

*“九五”中国科学院重大项目(KZ951-A1-301)和特别支持项目(KZ95T-04-01)部分研究内容
收稿日期:1999-12-23 改回日期:2000-04-06

秸秆不还田,施用量见表1。分区收割、晒干、称重、计产量,并采集植株样品,每年春季采集土壤样品,分析方法参照中国科学院南京土壤研究所《土壤理化分析》推荐方法。

2 结果与分析

2.1 不同种植制度养分平衡状况

试验依据养分输入和养分输出进行平衡分析,以盈亏量(养分输入与养分输出差值)表示养分平衡状况^[2]。养分输入指化肥及还田有机肥(秸秆、绿肥和猪粪)的施用量,养分输出指水稻和油菜吸收携出量及化肥N素40%的挥发损失率^[1]。研究表明,养分输出以稻-稻-油种植制度最大,N、P和K年分别达469.7 kg/hm²、73.8 kg/hm²和293.6 kg/hm²,稻-稻-油(肥)种植制度次之,稻-稻种植制度最小(见表2)。由表2可知冬种绿肥有利于N素积累,促进N素平衡,如稻-稻-肥种植制度盈余最大,年为18.4 kg/hm²,稻-稻-油(肥)种植制度盈余年为0.9 kg/hm²,基本处于平衡状态,而稻-稻-油种植制度亏缺年达38.9 kg/hm²,稻-稻种植制度亏缺年为16.1 kg/hm²;4种植制度均出现不同程度P、K亏缺,稻-稻-油种植制度亏缺最多,分别年达11.2 kg/hm²和118.7 kg/hm²,稻-稻-肥种植制度亏缺最少,分别年为1.5 kg/hm²和23.5 kg/hm²,表明在红壤稻作区应增加P、K肥施用量,以保持土壤P、K平衡。

表2 不同种植制度的养分输出与平衡*

处理 Treatments	养分输入/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Input			养分输出/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Output			平衡状况/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Balance state		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
A	324.7	46.0	171.7	340.8	47.6	198.7	-16.1	-1.6	-27.0
B	430.8	62.6	174.6	469.7	73.8	293.6	-38.9	-11.2	-118.7
C	353.2	48.2	183.9	334.8	49.7	207.4	18.4	-1.5	-23.5
D	391.5	55.1	177.0	390.6	58.4	256.8	0.9	-3.3	-79.8

*表内数据为1990~1997年平均值。

知冬种绿肥有利于N素积累,促进N素平衡,如稻-稻-肥种植制度盈余最大,年为18.4 kg/hm²,稻-稻-油(肥)种植制度盈余年为0.9 kg/hm²,基本处于平衡状态,而稻-稻-油种植制度亏缺年达38.9 kg/hm²,稻-稻种植制度亏缺年为16.1 kg/hm²;4种植制度均出现不同程度P、K亏缺,稻-稻-油种植制度亏缺最多,分别年达11.2 kg/hm²和118.7 kg/hm²,稻-稻-肥种植制度亏缺最少,分别年为1.5 kg/hm²和23.5 kg/hm²,表明在红壤稻作区应增加P、K肥施用量,以保持土壤P、K平衡。

2.2 不同种植制度土壤有机质平衡状况

土壤有机质是土壤肥力的核心物质,土壤有机质平衡水平取决于有机物的归还量,红壤稻田系统有机物生产量提供了有机物质归还来源,有机物归还可分为根茬、落花落叶等自然归还和秸秆等人为归还量。由表3可知,自然归还量以稻-稻-油种植制度最高,达3078 kg/hm²·a,稻-稻种植制度最低,为2495 kg/hm²·a,这与油菜落花落叶及根茬量大有关;人为归还量和总归还量均以稻-稻-肥种植制度最大,分别达5366 kg/hm²·a和8281 kg/hm²·a,稻-稻-油(肥)种植制度次之,稻-稻种植制度最低,这与冬种绿肥生物量大且全部还田有关。按有机物含C量为0.43,平均腐殖化系数0.25,有机质形成系数1.724,土壤有机质矿质化系数0.045^[3]计算土壤有机质年平衡状况(OP)为:

$$OP = \frac{SA - SM}{SM} \quad (1)$$

式中,SA为年土壤有机质增加量,SM为年土壤有机质矿化量。计算结果表明,仅靠自然归还4种植制度有机质均呈亏损状态,其中稻-稻种植制度亏损最多,而稻-稻-油种植制度亏损最少,表明为维持红壤稻田系统土壤有机质平衡,必须结合秸秆等有机物还田。实施有机质自然归还与人为归还后,稻田系统有机质实际平衡状况除稻-稻种植制度亏损外,其他3种植制度均有不同程度盈余。不同种植制度间有机物质生产量的差异导致有机物质归还量的不同,致使各处理有机质平衡差异显著。

2.3 不同种植制度土壤肥力变化及稻田系统生产力

表4 不同种植制度土壤肥力变化

处理 Treatments	有机质/g·kg ⁻¹ Organic matter		全N/g·kg ⁻¹ Total N		全P/g·kg ⁻¹ Total P		全K/g·kg ⁻¹ Total K	
	1990年	1997年	1990年	1997年	1990年	1997年	1990年	1997年
	A	16.42	16.05	0.98	0.96	0.53	0.49	11.49
B	16.74	17.23	1.02	0.93	0.57	0.43	11.55	11.27
C	16.37	19.62	1.03	1.21	0.55	0.55	11.49	11.40
D	16.43	19.41	1.07	1.13	0.55	0.53	11.46	11.38

由表4可知,4种植制度试验前后土壤有机质、全N、全P和全K含量变化,稻-稻种植制度土壤有机质含量年均降低0.05 g/kg;其他3种植制度土壤有机质含量均表现升高,其中稻-稻-肥种植制度年均升高0.41 g/kg;稻-稻-肥和稻-稻-油(肥)种植制度土壤全N含量有所提高,其他2种植制度土壤全N含量降低;4种植制度土壤全P和全K均趋于降低,试验结果与计算的土壤养分平衡和有机质平衡状况相符。红壤稻田不同种植制度间系统生产力差异显著(见表5),稻谷产量稻-稻-肥种植制度>稻-稻-油(肥)种植制度>稻-稻种植制度>稻-稻-油种植制度;而总产量为稻-稻-油种植

表3 不同种植制度有机物归还量及平衡状况*

Tab. 3 The return quantity of organic matter and the balance state of organic matter of different cropping systems

处理 Treatments	有机质归还量/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ Return quantity of organic matter		有机质平衡/% Balance of organic matter	
	自然 Nature	人为 Returned	平衡 I Balance I	平衡 II Balance II
A	2495	2963	-56.3	-6.8
B	3078	3467	-49.5	7.3
C	2915	5366	-51.1	38.9
D	2988	4769	-50.1	29.6

*表内数据为1990~1997年平均值,平衡I为自然归还量,平衡II为自然归还量和人为归还量之和。

制度>稻-稻-油(肥)种植制度>稻-稻-肥种植制度>稻-稻种植制度; 总生物量亦以稻-稻-油种植制度最高, 这表明不同种植制度因土地利用方式不同其系统生产力差异显著。

3 小结与讨论

4 种植制度中稻-稻种植制度土地利用效率较低, 系统生产力最低, 土壤养分库处于亏缺状态, 且土壤肥力逐步退化; 稻-稻-油种植制度提高了单位面积复种指数和系统生产力, 使系统有机物质归还量增加, 可维持和稳定土壤有机质平衡, 但 N、P 和 K 养分库呈亏缺状态, 有可能导致枯竭, 适宜于土地紧张地区; 稻-稻-肥种植制度因紫云英具有固 N 和富集养分作用, 且有机物归还量增加, 促进了养分循环和平衡, 土壤肥力逐渐提高, 尤适宜于肥力较低稻田; 稻-稻-油(肥)种植制度用养结合, 经济作物与豆科绿肥轮作, 提高土地复种指数和稻田系统生产力, 增强了土壤养分库, 提高了土壤肥力, 是该区目前稻田生产条件下较为合理的种植制度。

参 考 文 献

- 1 鲁如坤, 刘鸿翔等. 我国典型地区农业生产系统养分循环和平衡研究 I. 农田养分收入参数. 土壤通报, 1996 (4): 151~154
- 2 赵强基. 菲律宾以稻为基础的种植制度的生态学评价. 作物学报, 1993. 19(5): 402~411
- 3 Wen Qixiao. Organic matter and rice. Manila Philippines IRRI. 1984. 45~54

水稻抛秧栽培可提高效益

水稻抛秧栽培技术是指采用钵体育出的水稻秧苗, 通过抛秧使秧苗根部向下自由落入田间定植的 1 种水稻栽培法。它解决了几千年来农民弯腰曲背栽秧的难题, 减轻了劳动强度, 并可获得高产稳产, 是水稻栽培技术一项创新和变革。水稻抛秧栽培技术在甘肃省张掖市表现为平均单产 10935kg/hm², 最高产量达 14340kg/hm²。水稻抛秧的生育特点是分蘖早、有效穗多, 抛栽后秧苗返青早、不败苗, 分蘖期比常规手工栽插早 2~4d, 分蘖发生节位较人工插秧低 1 个节位, 分蘖有效穗每 hm² 比手工插秧多 45.6 万穗; 叶面积大, 抛秧稻最大叶面积指数 6.05, 比手工插秧处理高 10%; 根系发达, 抛后秧苗隔夜即生出数条白根, 第 7 天时单株新根数量及干物质量较同龄人工插秧高出 5.4% 和 5.2%; 干物质积累和成穗多, 产量高, “张梗 1 号”品种抛秧栽培干物质积累量在拔节、抽穗和成熟期分别为 4965.0kg/hm²、11446.5kg/hm² 和 1735.8 kg/hm², 比人工插秧分别多 535.4kg/hm²、895.6kg/hm² 和 1285.2kg/hm²。产量构成秧稻有效穗数和实打产量分别为 531 万穗/hm² 和 10944kg/hm², 比人工插秧分别多 45.60 万穗/hm² 和 946.5kg/hm², 分别增加 9.4% 和 9.5%。水稻抛秧高产原因一是本田植株个体素质好, 抛秧苗在秧盘育苗时处于营养钵的良好条件, 生长发育健壮, 移栽时带根的营养土块直接移入土中, 根系很少或不受损伤, 加之本田的优良环境条件, 因而移栽后可快发促长。手插秧育苗条件相对较差, 移栽时植伤重, 且根系在同一方向插植, 缓苗期长, 且根系分体不均匀, 影响了养分吸收, 使植株生长受抑; 二是群体结构合理, 抛秧植株呈随机分布, 群体结构合理, 抽穗后下层穗比例较高, 形成卵形株型, 通风透光, 增加了稻田有效冠层厚度, 提高了群体生产能力。

(徐存才 甘肃省张掖市农业技术推广中心 张掖 734000)

表 5 不同种植制度的产量及生物量*

Tab.5 The biomass and yield of different cropping systems

处 理 Treatments	水稻/kg·hm ⁻² Rice		油菜/kg·hm ⁻² Rape		合计/kg·hm ⁻² Total
	籽实 Seed	秸秆 Straw	籽实 Seed	秸秆 Straw	
A	9844	8734	-	-	18578
B	9613	8383	1933	3476	23405
C	10668	8745	-	-	19413
D	10316	8546	905	1697	21464

* 表内数据为 1990~1997 年平均值。