黄土丘陵区梯田谷子养分循环特征与生产力关系的研究*

郑剑英 张兴昌 吴瑞俊 翟连宁

(中国科学院水土保持研究所 杨陵 712100)
水利部

摘要 以新修梯田7年长期肥料定位试验为依据,研究了不同施肥条件下谷子各部位生物量、养分携出量、养分平衡以及耕层土壤养分时空变化。结果表明,有机肥与N、P肥配合施用可提高谷子的籽粒产量和生物产量。养分携出量的大小顺序为籽粒>叶>糠秕>茎,为同类地区农业生产及生态环境建设提供科学依据。

关键词 黄土丘陵区 梯田谷子 养分循环特征 生产力

The relationship of soil nutrient cycling characteristics with productivity of terrace millet on hilly loess plateau.
ZHENG Jian-Ying, ZHANG Xing-Chang, WU Rui-Jun, ZHAI Lian-Ning (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *CJEA*, 2001, 9(1): 28~30
Abstract The 7-years long-term fertilization experiment was conducted on newly built terrace in Ansai Comprehensive Research Station of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, located in hilly-gully loess plateau. Under different fertilization treatments the bio-yield, nutrient-absorbed amount, nutrient import and export amount of millet, soil nutrient dynamic changes were discussed in this paper. The results showed that the compound organic manure with chemical fertilizer could increase grain yield and biomass of millet, and the sequence of nutrient-absorbed amount was grain>leaf>chaff>stem. It provides scientific basis for farming production and eco-environment construction in this area.

Key words Hilly loess plateau, Terrace millet, Nutrient cycling characteristics, Productivity

陕北黄土丘陵区70%以上土地为坡耕地,土壤贫瘠,水土流失严重,物质能量投入少,利用效率低,产量低而不稳。主要作物有谷子、糜子、黄豆、洋芋、玉米、荞麦等,其中谷子种植面积较大(坡地、川地、梯田均大面积种植)。为实现梯田谷子的优质高产,于1993年在新修梯田上开展了长期肥料定位试验,研究了梯田谷子养分循环特征与生产力关系。

1 试验材料与方法

试验在位于黄土丘陵沟壑区中国科学院安塞水土保持综合试验站进行,该区年均降水量540mm(6~8月占60%~70%),年均气温8.3℃,年无霜期157~194d。土壤为黄绵土,新修梯田养分含量为有机质3.01g/kg、全N 0.24g/kg、全P 1.30g/kg、速效磷2.37mg/kg、碱解氮27.8mg/kg、速效K 107.98mg/kg。试验共设CK(对照)、施N肥97.5kg/hm²和K肥60kg/hm²(I)、施P肥75kg/hm²和K肥60kg/hm²(II)、施N肥97.5kg/hm²和P肥75kg/hm²(III)、施N肥97.5kg/hm²和P肥75kg/hm²及K肥60kg/hm²(IV)、施有机肥7500kg/hm²(V)、施有机肥7500kg/hm²和N肥97.5kg/hm²(VI)、施有机肥7500kg/hm²和P肥75kg/hm²(VII)、施有机肥7500kg/hm²和N肥97.5kg/hm²及P肥75kg/hm²(VIII)9个处理。轮作方式为谷子-黄豆-谷子-糜子。播种前与收获后测定土壤养分含量,作物收获后按不同处理分别采植株20株进行考种,测定作物产量、总生物量、各部位生物量及其N、P、K含量。

2 结果与分析

2.1 不同处理谷子各部位生物量

谷子生物量包括籽粒、茎、叶、糠秕等,相同自然条件下谷子生物量高低与施肥品种、数量和配比直接相关,其生物量见表1。表1表明施肥品种和配比不同,谷子地上部生物量也不同,各处理大小依次为VIII>IV>III>VI>I>VII>V>II>CK处理,其中有机肥与NP肥配施或N、P肥配施,均可大幅度提高谷子产量和

*“九五”中国科学院重大项目(KZ951-A1-301)、特别支持项目(KZ95T-04-01)和国家科技攻关项目(96-004-05-04)及中日合作研究项目共同资助
收稿日期:2000-09-18 改回日期:2000-09-24

生物量,而 I > I 处理,说明 N 肥效果优于 P 肥(因黄绵土不缺 K),新修梯田要保证当年不减产,应重视 N 肥的投入。由表 1 可知,合理投入肥料,每 kg 养分增产谷子 10.85kg,纯 N 肥每 kg 养分增产 8.54kg,纯 P 肥每 kg 养分增产 3.70kg,这一试验结果证明,在黄土丘陵区肥料配施十分必要。籽草比因各处理不同有所差异,总趋势是籽粒产量高,籽草比小,反之则大。籽粒占地上部的百分比与籽草比相反,籽草比大,籽粒占地上部百分比则小。

表 1 不同处理谷子各部位生物量*

Tab. 1 The bio-yield of different parts of millet under various fertilization conditions

处 理 Treatments	籽粒/kg·hm ⁻² Grain	糠 秕/kg·hm ⁻² Chaff	茎 秆/kg·hm ⁻² Stem	叶/kg·hm ⁻² Leaf	总生物量/kg·hm ⁻² Biomass	籽草比 Grain biomass	籽粒占地上部/% Grain ratio
CK	455.40	107.40	275.85	436.95	1275.60	1 : 1.80	35.70
I	1345.05	226.65	659.55	676.80	2908.05	1 : 1.60	46.25
II	499.50	149.85	440.25	716.10	1805.25	1 : 2.60	27.67
III	1817.55	335.70	886.05	865.35	3958.65	1 : 1.11	47.28
N	1870.05	343.35	1037.55	1053.90	4304.85	1 : 1.30	43.44
V	826.80	167.70	521.55	675.60	2191.65	1 : 1.65	37.72
VI	1316.55	267.30	692.55	782.40	3058.80	1 : 1.32	43.04
VII	1171.35	195.75	674.55	858.15	2899.65	1 : 1.47	40.40
VIII	2261.10	379.20	1204.80	1157.55	5002.80	1 : 1.21	45.20

*表中数据为 4 年平均值。

2.2 不同处理谷子各部位养分携出量

不同肥料输入,作物各部位养分携出量差异显著,同一作物同一处理谷子各部位养分携出量亦不同。表 2 表明,养分携出量以籽粒最多,依次为籽粒>叶>糠秕>茎。而不同处理均以 VI 处理携出量最高,CK 最低,这与产量趋势一致。施 N 肥处理谷子携出的 N 量高于施 P 肥处理,施 P 肥处理养分携出量低于施 N 肥处理,其原因可能是 P 的活性小,一部分被土壤固定所致,而养分分布大体与 N 相似。K 在作物体中分布依次为茎>叶>糠秕>籽粒。K 肥输入并未对籽粒养分携出量及经济产量有明显影响,只增加了茎秆中 K 的携出量,Ⅷ处理与 III 处理相比,前者茎增加 K 31.37%,叶增加 36.67%,而籽粒绝对产量仅提高 0.315kg/hm²。表明黄土丘陵区黄绵土土壤不缺 K。

表 2 不同处理谷子各部位养分携出量

Tab. 2 The nutrient-absorbed amount of different parts of millet under various fertilization conditions

养 分 Nutrients	谷子部位 Parts of millet	不同处理养分携出量/kg·hm ⁻² Nutrient-absorbed amount under different treatments								
		CK	I	II	III	N	V	VI	VII	VIII
N	籽粒/kg·hm ⁻² Grain	5.834	22.144	5.667	29.109	28.585	10.967	23.258	15.318	34.429
	糠秕/kg·hm ⁻² Chaff	0.768	2.971	0.977	4.158	4.163	1.437	4.108	1.621	4.429
	茎/kg·hm ⁻² Stem	0.564	4.943	0.681	5.455	5.595	1.261	6.070	2.006	6.643
	叶/kg·hm ⁻² Leaf	1.502	7.628	1.797	8.013	8.998	3.635	10.063	4.561	9.875
	合计/kg·hm ⁻² Total	8.668	37.686	9.122	46.735	47.341	17.000	43.499	23.506	55.376
P ₂ O ₅	籽粒/kg·hm ⁻² Grain	0.683	8.656	4.368	12.996	13.538	6.011	7.920	8.609	13.301
	糠秕/kg·hm ⁻² Chaff	0.261	0.581	0.517	1.179	1.143	0.452	0.839	0.708	0.995
	茎/kg·hm ⁻² Stem	0.160	0.323	0.723	0.535	0.565	0.275	0.394	0.828	0.873
	叶/kg·hm ⁻² Leaf	0.243	0.476	0.913	0.823	0.981	0.470	0.715	1.168	1.200
	合计/kg·hm ⁻² Total	1.352	10.036	6.521	15.538	16.227	7.208	9.868	11.313	16.369
K ₂ O	籽粒/kg·hm ⁻² Grain	3.160	8.619	3.926	13.465	13.780	7.081	11.468	8.133	19.035
	糠秕/kg·hm ⁻² Chaff	2.234	4.894	2.765	7.896	7.788	4.091	7.875	4.858	10.473
	茎/kg·hm ⁻² Stem	3.492	9.588	5.065	10.965	14.405	8.653	12.792	10.733	20.069
	叶/kg·hm ⁻² Leaf	3.845	8.644	6.174	9.801	13.395	10.674	13.711	12.341	18.018
	合计/kg·hm ⁻² Total	12.731	31.745	17.930	42.127	49.368	30.499	45.846	36.665	67.595

2.3 不同处理谷子养分平衡状况

对黄土丘陵区梯田而言,施入土壤的养分有降水、施肥、种子等,土壤输出有作物地上部携出量、N 素的挥发和反硝化损失、养分淋失等。黄绵土 N 素挥发以肥料氮的 30% 计,表现反硝化以 15% 计。由于土层深厚和地下水位很低,淋溶渗漏一般忽略不计。有机肥以湿重计,其养分含量平均值 N 为 6.8g/kg, P₂O₅ 为 2.5g/kg, K₂O 为 2.89g/kg。表 3 表明,在土壤养分输入项中化肥及有机肥对 N、P、K 输入量较大,一般占输入量的 90% 以上,种子和降水输入甚微。在输出项中除作物地上部对养分的携出外, N 素的挥发和反硝化损失在输出量中所占比例亦不小,这是黄绵土 N 素利用率不高的一个重要原因。因此,如何控制黄绵土 N 素的挥

发和反硝化损失,则成为提高N素利用率的重要途径和手段。在无输入情况下,N、P、K均处于亏损状态。N、K输入,增加了P素的亏损,4年累计亏损38.22kg/hm²。P、K输入,增加了N素的亏损,但数量只相当于P素亏损量的50%左右。N、P输入,K虽有亏损,但从总体上并未影响作物产量水平。有机肥(M)单施或与N或P、NP配施,其N、P在土壤中均有积累,N素积累以MNP、MN配施时最大,MP配施时最小。P素的积累以MP配施时最大,MN配施时最小,总的表现为有机肥与化肥配施盈余额均高于化肥配施。

表3 梯田谷子不同处理养分平衡状况

Tab. 3 The nutrient import and export of terrace millet under fertilization treatments

处理 Treatments	养分 Nutrients	输入量/kg·hm ⁻² Import				合计 Total	输出量/kg·hm ⁻² Output		合计 Total	盈亏/kg·hm ⁻² 年平均 Average	合计 4年累计 Accumulation
		有机肥 Organic manure	化肥 Fertilizer	种子 Seed	降水 Rainfall		作物地上部输出量 Crop	N的挥发及反硝化损失 Gas			
CK	N	0.00	0.0	0.30	3.60	3.90	8.67	8.67	-4.77	-19.07	
	P ₂ O ₅	0.00	0.0	0.12	0.36	0.48	1.35	1.35	-0.87	-3.49	
	K ₂ O	0.00	0.0	0.12	0.00	0.12	12.73	12.73	-12.61	-50.44	
NK	N	0.00	97.5	0.30	3.60	101.40	37.69	43.87	81.56	19.84	79.38
	P ₂ O ₅	0.00	0.0	0.12	0.36	0.48	10.04	10.04	-9.56	-38.22	
	K ₂ O	0.00	60.0	0.12	0.00	60.12	31.75	31.75	28.38	113.50	
PK	N	0.00	0.0	0.30	3.60	3.90	9.12	9.12	-5.22	-20.89	
	P ₂ O ₅	0.00	75.0	0.12	0.36	75.48	6.52	6.52	68.96	275.84	
	K ₂ O	0.00	60.0	0.12	0.00	60.12	17.93	17.93	42.19	168.76	
NP	N	0.00	97.5	0.30	3.60	101.40	46.74	43.87	90.60	10.80	43.20
	P ₂ O ₅	0.00	75.0	0.12	0.36	75.48	15.54	15.54	59.94	239.77	
	K ₂ O	0.00	0.0	0.12	0.00	0.12	42.13	42.13	-42.01	-168.03	
NPK	N	0.00	97.5	0.30	3.60	101.40	47.34	43.87	91.21	10.19	40.76
	P ₂ O ₅	0.00	75.0	0.12	0.36	75.48	16.23	16.23	59.25	237.01	
	K ₂ O	0.00	60.0	0.12	0.00	60.12	49.37	49.37	10.75	43.01	
M	N	102.00	0.0	0.30	3.60	105.90	17.00	17.00	88.90	355.60	
	P ₂ O ₅	37.50	0.0	0.12	0.36	37.98	7.21	7.21	30.77	123.09	
	K ₂ O	43.35	0.0	0.12	0.00	43.47	30.50	30.50	12.97	51.88	
MN	N	102.00	97.5	0.30	3.60	203.40	43.50	43.87	87.37	116.03	464.12
	P ₂ O ₅	37.50	0.0	0.12	0.36	37.98	9.87	9.87	28.11	112.45	
	K ₂ O	43.35	0.0	0.12	0.00	43.47	45.85	45.85	-2.38	-9.50	
MP	N	102.00	0.0	0.30	3.60	105.90	23.51	23.51	82.39	329.58	
	P ₂ O ₅	37.50	75.0	0.12	0.36	113.00	11.31	11.31	101.67	406.67	
	K ₂ O	43.35	0.0	0.12	0.00	43.47	36.67	36.67	6.81	27.22	
MNP	N	102.00	97.5	0.30	3.60	203.40	55.38	43.87	99.25	104.15	416.62
	P ₂ O ₅	37.50	75.0	0.12	0.36	113.00	16.37	16.37	96.61	386.44	
	K ₂ O	43.35	0.0	0.12	0.00	43.47	67.60	67.60	-24.13	-96.50	

2.4 耕层土壤养分时空变化

新修梯田经过长期肥料输入,土壤养分均有不同程度的积累(见表4),其中有机质、碱解氮积累最快,全N积累较慢。有机肥单施或与化肥配施,土壤有机质和碱解氮明显增加,增幅分别为109.35%~153.18%和24.41%~43.16%。土壤速效磷变化表明,施P肥或有机肥与P肥配施,土壤速效磷明显提高,其中Ⅱ、Ⅵ处理积累最明显,速效磷分别提高6.6倍、8.7倍。长期施肥能显著提高土壤肥力。

表4 耕层土壤养分时空变化

Tab. 4 Soil nutrient in plowed layer

处理 Treatments	有机质/g·kg ⁻¹ Organic matter		全N/g·kg ⁻¹ Total N		速效磷/mg·kg ⁻¹ Available P		碱解氮/mg·kg ⁻¹ Available N	
	1993	1999	1993	1999	1993	1999	1993	1999
CK	2.97	4.31	0.23	0.28	1.81	2.88	27.8	31.6
I	3.07	4.64	0.24	0.31	2.26	2.45	26.2	35.8
Ⅱ	2.78	4.31	0.24	0.32	2.40	15.75	22.1	31.2
Ⅲ	2.78	4.97	0.23	0.35	1.96	11.92	21.3	35.7
Ⅳ	3.54	4.84	0.24	0.33	2.14	11.26	36.8	37.1
V	2.80	5.91	0.24	0.37	1.37	2.83	31.9	42.0
Ⅵ	2.20	5.57	0.24	0.37	1.21	2.93	34.0	42.3
Ⅶ	2.78	5.82	0.24	0.34	1.87	16.25	27.8	39.8
Ⅷ	2.37	5.53	0.22	0.38	1.39	13.50	33.6	44.7

3 小结

黄土丘陵区谷子N、P主要贮存于种子中,K主要贮存于茎部。谷子携出养分量依次为K>N>P;化肥在提供作物养分、维持土壤养分平衡起着很大作用,尤其对新修梯田保证当季不减产作用更大。但从长远角度看,增加土壤有机质主要靠有机肥。采用有机肥和无机肥配施方案最佳,切忌单施化肥。

参 考 文 献

- 1 郑剑英等.黄土丘陵沟壑区旱地肥料效应及养分循环平衡特征.水土保持研究,1996
- 2 鲁如坤等.土壤-植物营养学原理和施肥.北京,化学工业出版社,1998