

氮磷配施对坡地谷子吸 N, P 量 及土壤养分流失的影响*

郑剑英 吴瑞俊 翟连宁

中国科学院
水利部水土保持研究所 陕西杨陵 712100

摘要 氮磷配施对坡地谷子吸 N, P 量及土壤养分流失影响的研究表明:(1)N, P 肥的不同配比均能增加谷子对 N, P 的吸收, 增施 P 对 N 吸收的效果较高于增施 N 对 P 的吸收;(2)施 N, P 量的增加与泥沙中 N, P 富集率无相关关系;(3)作物生物量与土壤侵蚀量的相关系数为 -0.9724^{**} ; (4)增施 N, P 肥对土壤侵蚀和全量养分减少的程度远高于对径流量和速效 N, P 减少的程度。

关键词 N, P 配比; 谷子吸收 N, P 量; 泥沙养分富集; 土壤养分流失

Absorbed N, P Amount of Millet and Soil Nutrient Loss as Affected by Different N, P Treatments in Slopeland

ZHENG Jianying WU Ruijun ZHAI Lianning

Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100

Abstract The research results about the absorbed N, P amount of millet and soil nutrient loss as affected by different N, P treatments in slopeland reveals follow as: (1) The different N, P treatments might P were higher than P effects under only supplied N; (2) The nutrient enrichment rate in sediment is not relationship with supplide N, P; (3) The correlation coefficient between the crop mass and soil erosion amount reach -0.9724^{**} ; (4) The reduced degree of soil erosion amount and total nutrient as affected by supplied N, P is lower than the reduced degree of runoff amount and available nutrient.

Key words N, P treatment; absorbed N, P amount of millet; nutrient enrichment rate in sediment; soil nutrient loss

土壤侵蚀是当前最严重的生态问题,它不仅制约着农业生产的发展,而且威胁着人类赖以生存的自然环境,使人类的生存面临巨大的挑战。植物营养 3 大要素中, N, P 元素是需求多,

由于土壤养分流失而供应不足, 供求之间存在着尖锐矛盾。因而 N, P 肥的生产和施用一方面促进了农业生产的发展, 而另一方面因流失造成环境污染, 这一问题已受到农业学家和环境学家重视。本文研究的目的是探讨黄土丘陵区坡耕地施用 N, P 肥对谷子吸收 N, P 量及土壤养分流失的影响, 寻求 N, P 肥最佳配合比, 以提高 N, P 利用率, 防止土壤 N, P 养分流失。

1 试验方法

1.1 试验设计

试验布置在安塞县墩滩坡耕地上, 坡度为 19°, 土壤为黄绵土。各处理为: 裸地, N₀P₀, N₀P₁, N₀P₂, N₁P₀, N₁P₁, N₁P₂, N₂P₀, N₂P₁, N₂P₂, 各 2 次重复。各处理中: N₀ 为不施肥; N₁ 为 55.2 kg/hm² 纯氮; N₂ 为 110.4 kg/hm² 氮; P₁ 施 45 kg/hm² P₂O₅; P₂ 施 90 kg/hm²。每个处理均安装径流桶 2 个(一个主桶, 一个分流桶), 便于收集流失的泥沙和径流液。

1.2 化学分析

试验前与收获后均采表土(0~20cm)进行全氮(半微量 K 氏法)碱解氮(康维皿法)、有机质(丘林法)、速效磷(Olsen 法)、全磷(钼兰法)和全钾(火焰法)分析。

流失的泥沙按上述方法测定全氮、全 P、全 K 和有机质; 径流液测定碱解 N 和速效磷。

作物按不同部位分别测定全氮(硫酸—高氯酸消化, 半微量 K 氏法)和全磷(钼兰法)。

2 结果与讨论

2.1 N, P 肥配施对坡耕地谷子生物量的影响

一般认为施氮可增加生物量, 施磷可以增加籽粒产量, 氮磷合理配施可增加作物生物产量和经济产量, 本试验亦已证明了这一点。坡耕地谷子 N, P 肥的不同水平配施对其体内生物量分配有显著的影响(表 1), 其特征为: (1) 在黄绵土上, 无论施 N 还是施 P 均能增加谷子的生物

表 1 谷子生物量及产量

处理	生物 总量 kg/hm ²	籽粒		茎叶		糠秕	
		产量 (kg/hm ²)	占生物 (%)	产量 (kg/hm ²)	占生物量 (%)	产量 (kg/hm ²)	占生物量 (%)
N ₂ P ₂	3261.3	1714.3	52.57	1409.7	43.22	137.2	4.21
N ₂ P ₁	2873.4	1537.0	53.49	1024.5	35.65	311.8	10.86
N ₂ P ₀	2415.3	1231.8	51.00	961.2	39.80	222.3	9.20
N ₁ P ₂	2868.9	1478.7	51.54	1131.4	39.43	258.7	9.02
N ₁ P ₁	2493.9	1350.6	54.16	988.8	39.65	154.5	6.20
N ₁ P ₀	2281.8	1204.9	52.81	872.4	38.23	204.4	8.96
N ₀ P ₂	2689.9	899.2	43.03	982.8	47.03	207.9	9.94
N ₀ P ₁	1639.2	807.0	49.23	652.3	39.80	179.8	10.97
N ₀ P ₀	1462.3	731.2	50.00	584.8	40.00	146.2	10.0

学产量, 但施 N 与施 P 效果不同。单施 N 不施 P, 随着 N 水平的增加, 每增加一个水平 N 肥, 谷子生物学产量平均增加 477kg/hm², 籽粒产量平均增加 250.5kg/hm²; 而单施磷不施氮, 使 N 处于胁迫条件下, 随着磷水平的增加, 每增加一个水平的磷肥, 谷子生物学产量仅增加 313.5 kg/hm², 籽粒产量仅增加 84kg/hm²。这说明, 在黄绵土坡耕地施 N 的效果优于施 P。但以往的施肥试验^[1]表明, 长期施 P 效果优于施 N, 不一致的结果症结在于: 1995 年降雨比较充分且分布均匀, 施 N 效果优于施 P。但长期施 N, 会造成黄绵土土壤中 N, P 分配的不一致, 且在干旱

条件下单施 N 对作物会产生毒害作用。(2)N、P 的合理配施均能增加谷子的生物学产量和籽粒产量。随着 N、P 水平的提高,籽粒产量占生物学产量的百分数也随着提高,这也说明了 N、P 合理配施可以促使碳水化合物从谷子茎叶向籽粒中转移,转移的多寡受到 N、P 不同水平的限制。当 N_1P_1 配施时,碳水化合物从茎叶向籽粒转移效果最好,籽粒产量可占生物学产量的 54.16%; N_0P_2 处理效果不明显,籽粒产量仅占到生物学产量的 43.03%。(3)籽粒产量一般占生物量的 50%左右,茎叶为 40%,而糠秕仅为 10%左右。

2.2 氮磷肥配施对谷子吸收 N、P 量的影响

用作物的产量指标来反映作物对土壤某一特定养分的吸收,具有一定的局限性,而用作物对某一养分的吸收来反映对养分的需求,具有一定的精确性和可比性,很多研究均证明了这一点。不同剂量的处理对谷子吸收 N、P 量有明显的影晌。

表 2 谷子吸 N 量及其在谷子各部位的分布

处理	总吸 N 量 (kg/hm ²)	籽粒		茎叶		糠秕	
		吸 N 量 (kg/hm ²)	占总吸 N 量 (%)	吸 N 量 (kg/hm ²)	占总吸 N 量 (%)	吸 N 量 (kg/hm ²)	占总吸 N 量 (%)
N_2P_2	39.315	27.78	70.66	9.84	25.03	1.695	4.31
N_2P_1	35.955	25.20	70.09	6.915	19.23	3.840	10.68
N_2P_0	32.745	20.82	63.58	8.865	27.07	3.06	9.34
N_1P_2	35.91	23.805	66.29	8.955	24.94	3.15	8.77
N_1P_1	28.875	20.805	72.05	6.435	22.29	1.635	5.66
N_1P_0	26.265	18.795	71.56	5.265	20.05	2.205	8.40
N_0P_2	19.875	13.335	67.09	4.455	22.42	2.085	10.49
N_0P_1	18.000	12.75	70.83	3.585	19.92	1.665	9.25
N_0P_0	13.965	10.23	73.25	2.490	17.83	1.245	8.92

表 2 表明:随着 N、P 水平的提高,谷子总吸 N 量、籽粒及茎叶吸 N 量均有不同程度的增加,而糠秕则不同。当 N 水平为 N_0 、 N_1 和 N_2 时,施用量每增加一个水平时,作物总吸 N 量依次增加 2.955kg/hm²、4.83kg/hm² 和 3.285kg/hm²。这表明了施 P 对作物总吸 N 量的影响随施 N 水平的不同而有所不同,特别是当施 N 达到 N_1 水平时,施 P 对作物总吸 N 量影响较大;作物籽粒及茎叶吸 N 量因施 N 水平变化,与总吸 N 量相比,具有不一致的规律性,具体表现在当 N 水平为 N_0 、 N_1 和 N_2 时,施 P 量每增加一个水平时,籽粒吸收 N 量依次增加 1.56kg/hm²、2.505kg/hm² 和 3.48kg/hm²;茎叶吸收 N 量依次增加 0.99kg/hm²、1.845kg/hm² 和 0.495kg/hm²。这表明,当施 N 量一定时,随着施 P 水平的提高,谷子各部分吸收 N 量有不同的变化规律。随着施 N 量的增加,增施 P,谷子总吸收 N 量水平在不断提高;但当达到 N_2 时,增施 P,谷子总吸收 N 量的幅度就减小,茎叶的吸 N 量变化与此相似。而与此不一致的是随着施 N 水平的提高,再增施 P,籽粒吸收 N 量增加的幅度均会增加。如果当 P 在 P_0 、 P_1 和 P_2 水平时,每增加一个水平的 N,谷子总吸收 N 量分别增加 9.39kg/hm²、8.985kg/hm² 和 9.72kg/hm²;籽粒吸收 N 量依次增加 5.295kg/hm²、6.195kg/hm² 和 7.23kg/hm²;茎叶吸收 N 量依次增加 3.195kg/hm²、1.665kg/hm² 和 2.70kg/hm²。这说明,当施 P 量一定时,增施 N 肥均会增加作物各部分的吸 N 量;但随着 P 肥水平的提高,增施 N 肥,作物总吸收 N 量、籽粒及茎叶吸收 N 量增加幅度也增大,这种偶合效应为正值,所表现出来的效应也是正效应。

表 3 表明,谷子吸 P 量及其在谷子各部位的分布规律与吸 N 量有相似规律,所不同的是施 N 对吸 P 量的影响程度远低于施 P 对吸 N 量的影响。

表 3 谷子吸 P 量及其在谷子各部位的分布

处理	总吸 P 量 (kg/hm ²)	籽粒		茎叶		糠秕	
		吸 P 量	占总吸 P 量	吸 P 量	占总吸 P 量	吸 P 量	占总吸 P 量
		(kg/hm ²)	(%)	(kg/hm ²)	(%)	(kg/hm ²)	(%)
N ₂ P ₂	8.04	7.02	87.31	0.645	8.02	4.125	51.31
N ₂ P ₁	9.045	7.635	84.41	0.555	6.14	4.155	45.94
N ₂ P ₀	7.275	6.03	82.89	0.63	8.66	4.125	56.70
N ₁ P ₂	7.995	6.735	84.24	0.66	8.26	3.495	43.71
N ₁ P ₁	6.465	5.685	87.94	0.495	7.66	2.85	44.08
N ₁ P ₀	6.33	5.64	89.10	0.435	6.87	2.355	37.20
N ₀ P ₂	6.045	4.875	80.65	0.63	10.42	3.945	65.26
N ₀ P ₁	4.305	3.69	85.71	0.30	6.97	2.67	62.02
N ₀ P ₀	4.395	3.765	85.66	0.33	7.51	3.15	71.67

2.3 泥沙及径流水中养分的富集

侵蚀泥沙通常由团聚体和不同粒径的土壤颗粒组成。内聚土粒通常以团聚体形式存在,非内聚土粒以土壤颗粒存在。土壤有机质的不同形态通常总是与土壤不同粒径颗粒组成相结合,与不同颗粒结合的有机质形态也因侵蚀特性在泥沙中产生再分配。在泥沙传递过程中,泥沙在径流中的搬运特性决定了首先搬运土壤表层细颗粒,其原因在于土壤细颗粒容易在径流液中运移,使侵蚀泥沙中出现粘粒和所吸附的化学元素富集现象。表 4 表明: N, P 不同处理对全

表 4 泥沙中养分富集率(ER)

处理	全 N			全 P			全 K			有机质		
	土壤	泥沙	ER	土壤	泥沙	ER	土壤	泥沙	ER	土壤	泥沙	ER
	(%)	(%)		(%)	(%)		(%)	(%)		(%)	(%)	
N ₂ P ₂	0.0290	0.0315	1.086	0.140	0.150	1.071	2.24	2.40	1.071	0.341	0.446	1.308
N ₂ P ₁	0.0280	0.0424	1.514	0.141	0.145	1.028	2.14	2.36	1.103	0.318	0.622	1.955
N ₂ P ₀	0.0280	0.0371	1.325	1.131	0.132	1.008	2.20	2.32	1.055	0.335	0.576	1.719
N ₁ P ₂	0.0300	0.0365	1.217	0.131	0.146	1.115	2.17	2.30	1.060	0.341	0.526	1.543
N ₁ P ₁	0.0300	0.0303	1.010	0.125	0.138	1.104	2.14	2.20	1.028	0.358	0.444	1.240
N ₁ P ₀	0.0320	0.0389	1.216	0.130	0.132	1.015	2.20	2.24	1.018	0.387	0.573	1.481
N ₀ P ₂	0.0250	0.0378	1.512	0.129	0.140	1.085	2.14	2.20	1.028	0.352	0.570	1.019
N ₀ P ₁	0.0310	0.0338	1.090	0.128	0.142	1.109	2.17	2.42	1.115	0.423	0.523	1.236
N ₀ P ₀	0.0270	0.0330	1.222	0.129	0.139	1.078	2.15	2.28	1.060	0.367	0.644	1.755
CK	0.0200	0.0285	1.425	0.128	0.136	1.063	2.12	2.34	1.104	0.276	0.393	1.424

表 5 径流液中速效养分的富集率(ER)

处理	速效磷富集 ER			速效氮富集 ER		
	土壤	径流	ER	土壤	径流	ER
	(mg/kg)	(mg/kg)		(mg/kg)	(mg/kg)	
N ₂ P ₂	2.93	2.95	1.007	18.84	26.30	1.396
N ₂ P ₁	2.65	3.12	1.177	18.11	35.10	1.938
N ₂ P ₀	1.77	3.59	2.029	17.40	33.50	1.925
N ₁ P ₂	3.15	3.16	1.003	15.94	28.40	1.782
N ₁ P ₁	2.05	4.59	2.239	19.56	27.50	1.406
N ₁ P ₀	1.30	2.88	2.215	18.84	33.50	1.778
N ₀ P ₂	2.90	2.95	1.017	17.39	29.80	1.714
N ₀ P ₁	1.45	4.20	2.897	18.11	32.20	1.778
N ₀ P ₀	1.50	4.64	3.039	19.26	41.50	2.154
CK	1.12	3.12	2.786	15.21	23.50	1.545

N、全 P、全 K 和有机质在泥沙中富集率有不同的影响,使得富集率呈现出不同变化趋势。泥沙中全 N、全 P、全 K 和有机质的富集并不因为施 N、P 量的增加有所增加。因径流对土壤表层可溶性 N、P 的冲洗,使溶解于径流水体中的可溶性 N、P 元素含量增加,其富集程度(ER)明显高于泥沙中养分的富集(表 5)。

2.4 N、P 配施对谷子地土壤养分流失的影响

土壤养分随侵蚀的流失不仅造成作物利用减少,更为严重的是污染地下水、河流、湖泊水体,使得水体中养分富集,这种恶性循环已经并将危害人类的生存和健康。增施 N、P 肥对谷子地土壤养分流失影响的研究,深入揭示了施肥与土壤养分流失的关系。表 6 表明:随着 N、P 肥的增加,土壤侵蚀量和径流量逐步减少,经相关分析,施 N 与土壤侵蚀量的相关系数为 -0.7211,施 P 与土壤侵蚀量的相关系数为 -0.5385,而作物的生物量与土壤侵蚀量的相关系数高达 -0.9274,达到了极显著水平,这表明土壤侵蚀与作物生物量呈极显著的负相关关系。但由于作物对施 N、P 肥反映不一,因而必然会导致土壤全 N、全 P、全 K 和有机质流失程度的差异。增施 N、P 肥对土壤侵蚀和全量养分减少的程度远高于对径流量和速效养分减少的程度,多数研究也证明了这一点。

表 6 土壤养分流失

处理	泥沙中所携带的养分					径流液中所携带的养分		
	侵蚀量 (kg/区)	全 N (kg/区)	全 P (kg/区)	全 K (kg/区)	有机质 (kg/区)	径流量 (kg/区)	速效 N (kg/区)	速效 P ₂ O ₅ (kg/区)
N ₂ P	22.2	7.0	33.3	532.8	99.0	279.5	7.350	0.825
N ₂ P ₁	32.9	13.9	47.7	776.4	204.6	272.3	9.588	0.850
N ₂ P ₀	43.8	16.2	57.8	1016.2	189.5	286.9	9.611	1.030
N ₁ P ₂	39.0	14.2	56.9	897.0	205.1	276.6	7.855	1.874
N ₁ P ₁	40.3	12.2	55.6	886.6	178.9	284.0	7.810	1.304
N ₁ P ₀	31.1	12.1	41.1	696.6	178.2	279.6	9.367	0.805
N ₀ P ₂	40.0	15.1	56.0	880.0	228.0	329.3	9.813	0.971
N ₀ P ₁	69.9	23.6	99.3	1691.6	365.6	332.3	10.700	1.396
N ₀ P ₀	87.4	28.8	121.5	1992.7	562.8	395.2	16.400	1.834
CK	102.8	30.8	139.8	2405.5	404.0	458.1	10.765	1.429

参考文献

- 1 郑剑英等. 坡耕地长其施肥对作物产量及吸 N、P 量的影响. 水土保持研究, 1996, 3(2): 13~17
- 2 张兴昌. 陕北黄土丘陵区坡耕地土壤肥力退化原因及防治对策. 水土保持研究, 1996, 3(2): 2~6
- 3 郑剑英. 不同肥力黄绵土在施肥条件下的土壤供 N、P 能力和 N、P 肥的效应. 水土保持学报, 1994, 8(4): 66~71
- 4 赵更生等. 陕北黄土丘陵区土壤中物质循环与粮食生产关系的研究. 水土保持学报, 1993, 7(1): 81~91