

定位施肥对黑垆土剖面养分的影响

党廷辉 郝明德 李 青 彭 琳

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 根据9年的田间定位试验资料,我们分析了9种不同施肥处理黑垆土耕层(0~20cm)、古耕层(20~50cm)和垆土层(50~80cm)三层土壤养分的变化。结果表明:施肥对黑垆土剖面养分的影响随深度的增加而减弱,一般为,耕层>古耕层>垆土层。不同处理耕层土壤养分差异比较明显,耕层以下土层尽管差异减小,但其养分变化与耕层趋势一致。各层土壤速效养分对照比裸地均有下降。综合评价施肥对黑垆土剖面的培肥效果,NPM>M>PM。

关键词 定位施肥 黑垆土 剖面养分变化

Effect of Position Fertilization on Soil Nutrient of Helu Soil Profile

Dang Tinghui Hao Mingde Li Qing Peng Lin

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

Abstract Based on data of 9 years field position test, we analysed the soil nutrient's change of three Helu soil layer under different treatments of fertilization. The results showed that the effect of fertilization on Helu soil layer's nutrient decreases with depth increasing (generally, 0~20cm > 20~50cm > 50~80cm). The nutrient's difference of topsoil is the biggest under different treatments, even though the nutrient's difference of the layers below topsoil is on the decrease, but their change tendency is the same as topsoil's. Compared with rare land, available nutrient of soil layers under CK are decreased. To evaluate comprehensively, the effect that different treatments improved soil fertility is NPM>M>PM.

Key words position fertilization; Helu soil; nutrient change of soil layers

土壤养分是作物生长的物质基础。培肥土壤或维持土壤养分平衡,是保证农业生产持续发展的前提。因此,在粮食生产中,合理施肥,已引起人们的普遍关注。近几年,许多土壤肥料工作者,运用长期定位试验手段,在施肥对土壤养分影响方面做了深入的研究。但多数局限于对土壤耕层养分的反映,而对土壤剖面养分涉及较少。本文根据9年的田间定位施肥试验,探讨了施肥对黑垆土剖面养分的影响。

1 试验方法

试验于 1984 年布设在长武县塬地黑垆土上,土壤耕层(0~20cm)含有机质 10.4g/kg,全氮 0.60g/kg,碱解氮 37.0mg/kg,速效磷 3.0mg/kg,速效钾 129mg/kg,pH 为 8.3。

试验地海拔 1 200m,年均气温 9.1℃,年均降水量 584.1mm,无霜期 171 天。无灌溉条件。

试验设 $N_8P_4M_1$, N_8P_4 , N_8M_1 , P_4M_1 , N_8 , P_4 , M_1 , CK, O 9 个处理,重复 3 次,小区面积 0.0067hm²。其中 N_8 指每 hm² 施纯 N 120kg, P_4 指每 hm² 施纯 P₂O₅ 60kg, M_1 指每 hm² 施有机肥 75t(0.5 万 kg),CK 指不施肥对照,O 为裸地。

种植方式为冬小麦连作。每年一熟,供试小麦品种为“131”(1984 年为 72(11)-4)。

氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙,有机肥用纯牛粪。肥料均于播前作基肥一次施入。

土壤有机质,全磷,全氮,碱解氮,速效磷,速效钾均按常规法测定。

2 试验结果

2.1 土壤剖面有机质的变化

土壤有机质是作物营养的基础物质,土壤中 95% 以上的氮素,全部有机磷,部分钾素来自有机质。土壤有机质不仅是土壤养分的重要来源,而且能够改良土壤结构,提高土壤的保水保肥性能,调节土壤水、肥、气、热状况,增强土壤微生物的活动,促进土壤养分的转化和释放,因此,它能较好反映土壤的养分状况和土壤的肥沃程度。

9 年的定位试验结果(表 1)表明:不同施肥处理土壤剖面有机质发生了明显变化。施肥处理黑垆土耕层有机质含量比裸地增加 0.45~6.17g/kg。增幅较大的前 3 个处理为 NPM、M 和 PM,土壤有机质分别比裸地增加 64.4%,64.9%和 32.7%。其次为 NP 和 NM 处理,有机质比裸地增加 14.7%和 15.5%。N、P、CK 处理土壤有机质与裸地相差不大,增幅为 4.7%~5.4%。但从上述结果看,无论何种处理,种作物地耕层土壤有机质均比裸地增加。

表 1 施肥 9 年后土壤剖面有机质的变化 g/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	15.63	5.61	6.12	9.21	1.35	1.24	9.00	-0.35	-0.76
NP	10.98	0.96	1.47	8.42	0.56	0.45	8.60	-0.75	-1.16
NM	10.91	0.89	1.40	8.00	0.14	0.03	8.64	-0.71	-1.12
PM	12.62	2.60	3.11	8.83	0.97	0.86	11.39	2.04	1.63
N	9.96	-0.06	0.45	8.43	0.57	0.46	9.02	-0.33	-0.74
P	9.99	-0.03	0.48	8.56	0.70	0.59	8.45	-0.90	-1.31
M	15.68	5.66	6.17	9.02	1.16	1.05	8.77	-0.58	-0.99
CK	10.02	0	0.51	7.86	0	-0.11	9.35	0	-0.41
O	9.51	-0.51	0	7.97	0.11	0	9.76	0.41	0

古耕层土壤有机质因施肥处理不同也发生变化,各施肥处理土壤有机质比裸地增加 0.11~1.24g/kg。增幅较大的处理为 NPM、M 和 PM,土壤有机质分别比裸地增加 15.6%,13.2%和 10.8%。稍有增加的处理为 NP、N、P,有机质比裸地增幅为 5.6%~7.4%。NM、CK 处理该层土壤有机质与裸地差异不大。

垆土层土壤有机质除 PM 处理外,其它处理土壤有机质均比裸地下降,下降幅度为 13.4%~4.2%,PM 处理该层土壤有机质比裸地增加 16.7%,垆土层有机质普遍下降的原因,一是施肥影响小;二是根系残留量少,有机质的积累速度小于矿化速度。

2.2 土壤剖面氮素的变化

氮素是作物生长重要的营养元素之一,一般土壤的氮素含量贫乏,远远不能满足作物的需要。因此,培肥土壤或增施肥料提高土壤氮素水平具有重要的意义。土壤全氮含量,碱解氮含量高低与有机质一样,是土壤肥力重要指标。

2.2.1 施肥对土壤剖面全氮的影响 定位施用 9 年后,不同施肥处理的土壤剖面全氮含量出现显著差异。从表 2 看,试验 8 个处理 NPM,NP,NM,PM,N,P,M,CK,黑垆土耕层全氮含量均比裸地有所上升,分别比裸地增加 67.1%,31.4%,24.3%,28.6%,14.3%,17.1%,57.1%和 12.9%,以 NPM,M 处理增幅最大。与 CK 相比,NPM,NP,PM,M 4 个处理耕层全氮增加 48.1%,16.5%,13.9%和 39.2%,其余处理与 CK 相比全氮变化不大。各处理耕层全氮的变化与有机质变化趋势基本一致。

表 2 施肥 9 年后土壤剖面全氮的变化

g/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	1.17	0.38	0.47	0.83	0.18	0.17	0.89	0.17	0.22
NP	0.92	0.13	0.22	0.68	0.03	-0.02	0.74	0.02	0.07
NM	0.87	0.08	0.17	0.60	-0.05	-0.06	0.61	-0.11	-0.06
PM	0.90	0.11	0.20	0.67	0.02	0.01	0.70	-0.02	0.03
N	0.80	0.01	0.10	0.72	0.07	0.06	0.70	-0.02	0.03
P	0.82	0.03	0.12	0.73	0.08	0.07	0.67	-0.05	0
M	1.10	0.31	0.40	0.74	0.09	0.08	0.71	-0.01	0.04
CK	0.79	0	0.09	0.65	0	-0.01	0.72	0	0.05
O	0.70	-0.09	0	0.66	0.01	0	0.67	-0.05	0

古耕层土壤全氮含量,除 NPM 处理外,其余处理与裸地无太大差异。CK 与 O 基本一致,NPM 定位施用 9 年后,该层全氮比裸地增加 0.17g/kg,比 CK 增加 0.18g/kg,增幅均在 26% 左右。

垆土层各施肥处理土壤全氮变化与古耕层一样,除 NPM 处理全氮比裸地增加 0.22g/kg 外,其它处理垆土层全氮含量与裸地无明显差异。

2.2.2 施肥对土壤剖面碱解氮的影响 由表 3 知,黑垆土耕层,除 P,CK 处理外,其它施肥处理土壤碱解氮含量都比裸地增加,增加量在 6.8~19.7mg/kg 之间,增幅为 12.5%~36.2%。纯施 P 和不施肥对照处理(CK)土壤耕层碱解氮比裸地下降 4.1 和 6.8mg/kg。各施肥处理该层碱解氮与 CK 相比,增幅为 28.6%~55.7%,有有机肥投入的处理土壤碱解氮都提高很大。

古耕层土壤碱解氮,除 P 处理下降幅度为 23.5%外,NPM,NM,PM,N4 个处理与裸地差减不大,NP 和 M 处理比裸地增加 10.6 和 8.4mg/kg,增幅分别为 19.5%和 15.4%,种作物不施肥处理(CK)该层碱解氮比裸地下降 20.0%。

垆土层土壤碱解氮,各施肥处理与裸地对比,P 处理下降 21.2%,N 处理下降 10.6%,M

处理下降 7.6%。NPM 和 NM 处理则增加 16.6%和 12.0%,NP 和 PM 处理变化不大,CK 比裸地碱解氮下降 6.0%。

表 3 施肥 9 年后土壤剖面碱解氮的变化 mg/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	72.2	24.6	17.8	56.0	12.5	1.6	58.2	11.3	8.3
NP	61.2	13.6	6.8	65.0	21.5	10.6	51.0	4.1	1.1
NM	71.1	23.5	16.7	52.9	9.4	-1.5	55.9	9.0	6.0
PM	72.2	24.6	17.8	51.4	7.9	-3.0	48.0	1.1	-1.9
N	62.0	14.4	7.6	55.2	11.7	0.8	44.6	-2.3	-5.3
P	50.3	2.7	-4.1	41.6	-1.9	-12.8	39.3	-7.6	-10.6
M	74.1	26.5	19.7	62.8	19.3	8.4	46.1	-0.8	-3.8
CK	47.6	0	-6.8	43.5	0	-10.9	46.9	0	-3.0
O	54.4	6.8	0	54.4	10.9	0	49.9	3.0	0

2.3 土壤剖面磷素的变化

磷素作为作物生长的第二大要素,直接参与作物机体的组成及其生理生化过程。作物从土壤中吸收磷素,土壤有效磷的含量是土壤磷素丰缺的主要指标,而土壤全磷作为土壤中的潜在磷源,是土壤有效磷的最初来源。

2.3.1 施肥对土壤剖面全磷的影响 从表 4 看出,试验 9 年后,有磷素投入的全部施肥处理,黑垆土耕层土壤全磷含量均比裸地增加,增加量在 0.08~0.51g/kg 之间,增幅为 5.7%~36.2%。以 NPM 处理增幅最大,其次为 M 处理。对照(CK)比裸地(O)耕层全磷下降 5.7%,施磷素的所有处理(NPM,NP,NM,PM,P,M)与 CK 相比,该层土壤全磷增幅更大。

表 4 施肥 9 年后土壤剖面全磷的变化 g/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	1.92	0.59	0.51	1.31	0.04	0.12	1.21	0.16	0.21
NP	1.49	0.16	0.08	1.33	0.06	0.14	1.17	0.12	0.17
NM	1.51	0.18	0.10	1.16	-0.11	-0.03	0.94	-0.11	-0.06
PM	1.59	0.26	0.18	1.27	0	0.08	1.11	0.06	0.11
N	1.41	0.08	0	1.27	0	0.08	1.19	0.14	0.19
P	1.56	0.23	0.15	1.29	0.02	0.10	1.10	0.05	0.10
M	1.70	0.37	0.29	1.29	0.02	0.10	1.22	0.17	0.22
CK	1.33	0	-0.08	1.27	0	0.08	1.05	0	0.05
O	1.41	0.08	0	1.09	-0.08	0	1.00	-0.05	0

古耕层,除 NM 处理外,其它处理土壤全磷均比裸地增加,增幅在 5.7%~9.9%之间,该层对照土壤全磷比裸地提高 5.7%。

垆土层各施肥处理土壤全磷变化与古耕层相似,除 NM 处理外,其它处理土壤全磷含量均比裸地增加,增加幅度在 10.0%~22.0%之间,该层对照比裸地全磷提高 4.8%。

2.3.2 施肥对土壤剖面速效磷的影响 从表 5 看,黑垆土耕层土壤速效磷与裸地比较,除 NP 和 N 处理下降 0.5 和 2.1mg/kg 外,其余处理土壤速效磷均有增加,增加量在 7.3~

30. 1mg/kg 之间,以 NPM 或 M 处理,增幅特别高。

表 5 施肥 9 年后土壤剖面速效磷的变化 mg/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	31.1	30.1	27.9	7.9	7.9	5.4	1.8	1.8	1.1
NP	2.7	1.7	-0.5	2.2	2.2	-0.3	1.6	1.6	0.9
NM	10.5	9.5	7.3	0	0	-2.5	0	0	-0.7
PM	18.5	17.5	15.3	2.8	2.8	0.3	1.0	1.0	0.3
N	1.1	0.1	-2.1	1.3	1.3	-1.2	1.0	1.0	0.3
P	10.7	9.7	7.5	3.7	3.7	1.2	0.9	0.9	0.2
M	33.3	32.3	30.1	5.1	5.1	2.6	1.4	1.4	0.7
CK	1.0	0	-2.2	0	0	-2.5	0	0	-0.7
O	3.2	2.2	0	2.5	2.5	0	0.7	0.7	0

古耕层土壤速效磷,除 NPM 和 M 处理比裸地增加 5.4mg/kg 和 2.6mg/kg 外,其余处理比裸地不是微有下降,就是变化不大。

垆土层土壤速效磷各处理含量均很低,施肥影响也不明显,各处理土壤速效磷比裸地增减量在-0.7~1.1mg/kg 范围内。

2.4 土壤剖面钾素的变化

钾是作物生长的第三大要素。尽管黑垆土含钾比较丰富,但近年来也有作物施钾显效的报道。通过施肥改善土壤钾素状况,有防患于未然之功效。作物从土壤中吸收速效钾满足对钾的需要,土壤速效钾的含量高低是钾素丰缺的主要指标。

从表 6 看出,9 年定位施肥后,不同处理黑垆土剖面速效钾含量出现显著差异,耕层土壤速效钾,无论与对照(CK)比较,还是与裸地比较,施肥都将引起土壤速效钾的增加,NPM,NP,NM,PM,N,P 和 M 7 个处理,耕层土壤速效钾分别比裸地增加 75.4,31.1,22.3,55.9,7.6,26.3 和 27.4mg/kg,增加幅度分别为 56.0%,23.1%,16.6%,41.5%,5.6%,19.5%和 20.3%。对照与裸地耕层速效钾无太大差异。

表 6 施肥 9 年后土壤剖面速效钾的变化 mg/kg

处理	耕层(0~20cm)			古耕层(20~50cm)			垆土层(50~80cm)		
	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减	含量	比对照增减	比裸地增减
NPM	210.1	75.1	75.4	133.5	15.5	8.1	102.6	-1.2	-13.9
NP	165.8	30.8	31.1	123.6	5.6	-1.8	111.9	8.1	-4.6
NM	157.0	22.0	22.3	106.9	-11.1	-18.5	103.3	-0.5	-13.2
PM	190.6	55.6	55.9	129.1	11.1	3.7	116.5	12.7	0
N	142.3	7.3	7.6	132.4	14.4	7.0	103.6	-0.2	-12.9
P	161.0	26.0	26.3	139.8	21.8	14.4	103.3	-0.5	-13.2
M	162.1	27.1	27.4	156.5	38.5	31.1	99.8	-4.0	-16.7
CK	135.0	0	0.3	118.0	0	-7.4	103.8	0	-12.7
O	134.7	-0.3	0	125.4	7.4	0	116.5	12.7	0

古耕层土壤速效钾,除 NPM,N,P 和 M 处理比裸地增加 5.6%~24.8%外,NM 处理该层土壤速效钾比裸地下降 14.8%,NP,PM 处理与裸地土壤速效钾差异小于 5%。对照比裸地

该层土壤速效钾下降 5.9%。

垆土层土壤速效钾,除 PM 处理无变化外,其余施肥处理土壤速效钾均比裸地降低,下降幅度为 3.9%~14.3%。对照比裸地下降 10.9%。该层土壤速效钾的普遍降低,可能与施肥影响小,而作物又不断吸收消耗 K 素有关。

2.5 用养分指数综合评价各处理的培肥效果

土壤养分指数是指土壤中各种养分测定值占相应“满分”的比值乘以其权重后相加值。试验测定的 6 种土壤养分,根据它们对作物产量及土壤肥力形成的贡献大小确定其权重为:有机质 0.25,全氮 0.20,碱解氮 0.20,速效磷 0.20,速效钾 0.10,全磷 0.05。各养分的满分值确定为:有机质 30g/kg,全氮 1.0g/kg,碱解氮 100mg/kg,速效磷 15mg/kg,速效钾 200mg/kg,全磷 1.5g/kg。

试验 9 年后,根据各处理土壤剖面养分实测值,计算出各处理不同土层土壤养分指数(见表 7)。从表 7 知,土壤剖面不同土层养分指数列前三位的处理分别为:耕层 NPM,M,PM;古耕层 NPM,M,NP;垆土层 NPM,NP 或 PM,N。剖面平均养分指数前三位处理为:NPM,M,PM,其排列顺序与耕层一致,也就是说用养分指数评价不同处理的培肥效果,NPM 培肥效果最好,其次为 M,第三为 PM。其余处理培肥效果为:NP,NM,P 并列第 4 位,N 与 O 并列第 5 位,CK 列第 6 位。

表 7 9 年后不同施肥处理黑垆土剖面养分指数

处理	耕层		古耕层		垆土层		全剖面	
	指数	位次	指数	位次	指数	位次	平均指数	位次
NPM	1.09	1	0.57	1	0.48	1	0.71	1
NP	0.57	6	0.47	3	0.44	2	0.49	4
NM	0.68	4	0.39	7	0.39	6	0.49	4
PM	0.82	3	0.46	4	0.44	2	0.57	3
N	0.50	7	0.45	5	0.41	4	0.45	5
P	0.62	5	0.46	4	0.38	7	0.49	4
M	1.08	2	0.54	2	0.42	3	0.68	2
CK	0.46	9	0.38	8	0.40	5	0.41	6
O	0.49	8	0.44	6	0.42	3	0.45	5

3 结 论

- (1)长期施肥不但影响黑垆土耕层养分的变化,亦影响古耕层和垆土层养分含量,其影响大小有这样的趋势:耕层>古耕层>垆土层。
- (2)不同施肥处理,土壤养分含量以耕作层差异最大,用耕层土壤养分的增减,来衡量各施肥处理的培肥效果最为直观,耕层以下的土壤养分尽管差异缩小,但不同处理的下层养分变化规律,基本与耕层一致。
- (3)垆土层以下土壤养分含量,由于受施肥影响较小,大多数施肥处理该层土壤养分因作物的年复种植消耗处于亏缺或基本平衡状态。PM 处理则有异常表现,有待进一步探讨。
- (4)种作物不施肥处理(CK)与裸地土壤养分比较。耕作层有机质,全氮,CK 对裸地增加,全磷则降低,古耕层有机质,全氮,全磷,CK 比裸地降低。

(下转第 59 页)

影响经济产量,其丛叶坚韧,根蘖繁殖快,地面覆盖性好,根系发达分布浅,索状肉质根散布土中,网络状须根布满地表,能有效地防止土壤侵蚀,改善土壤物理性状,提高土壤肥力,增加水分贮存,不但经济效益高,生态效益也明显,适合于在沟坡上部水分条件较差的林下配置。穿龙薯蓣是一种阴性植物,其生长环境需要一定的阴蔽度,适宜于在林下腐殖质含量较高的土壤生长。茎叶蔓生,能有效地覆盖地面,地下根茎粗壮,经济价值较高,还能有效的固土保水。

5 结 语

在黄土高原沟壑区造林绿化过程中,坚持建设高效人工复合植物群落,把改善生态环境与发展商品生产,群众脱贫致富紧密结合起来,树立以林为主,多种经营的思想,因地制宜建立林果商品基地和林业经济小区,吸引越来越多的农民走兴林致富的道路,林业的生态经济效益才会大幅度提高。如果在林业建设上单纯强调生态效益,忽视广大群众的经济利益,就会使林业建设失去基础和活力。我们认为,提高林业生态经济效益的基本途径是:优化生态系统的结构,充分发挥系统的生产潜力,对构成生态系统中最大的第一性生产的组分——植物,必须选择与立地环境资源相适应的树种及配置,做到适地适树,提高组分的多样性,使组分间在生理生化及营养生活史上协调与共生互利,在时空上充分利用环境资源,以增加系统物流和能流的通道及反馈能力,提高系统的稳定性,充分发挥林业生态系统的生态效益、经济效益和社会效益。

(上接第33页)

垆土层 CK 比裸地有机质,全磷降低,全氮增加,但各层土壤速效养分 CK 比裸地均有下降(除耕层速效钾基本保持平衡外)。

(5)用土壤养分指数综合评价施肥对黑垆土剖面的培肥效果,结论是 NPM 配施处理最好,M 单施处理次之,PM 配施处理列第三位。但试验中的任何施肥处理长期施用均未发现导致土壤肥力衰退的现象。有机肥的培肥作用是毫无疑问、有目共睹的。

参 考 文 献

- 1 Long-term use of fertilizers on soil fertility and yield of crops in irrigated inceptisol, Journal of the indian society of soil science. (1990)38(3),541~542
- 2 高宗等.长期施肥对关中壤土肥力和作物产量的影响.西北农业学报,1992,1(3):65~68
- 3 曾木祥等.从长期定位试验看有机-无机肥料配合施用的优越性.土壤肥料,1992(1):1~6
- 4 党廷辉等.旱塬长期施肥对冬小麦产量及土壤养分的影响.水土保持通报,1993(5):78~82
- 5 余存祖.黄土高原地区土壤养分资源与分区.《黄土高原地区土壤资源及其合理利用》.北京:中国科学技术出版社,1991,155~196
- 6 杨文治,余存祖主编.《黄土高原区域治理与评价》.北京:科学出版社,1991,125~182