

江苏省里下河地区新漕改旱田灰肥 及磷肥施用問題*

文啓孝 吳順令
(中国科学院土壤研究所)

漕田改旱是提高漕田土地复种指数、改良土壤从而获得高额稳定产量的基本途径之一。羣众經驗及对比試驗資料(表 1)証明,草木灰在提高漕改旱田旱作产量及改良土壤方面具有特別明显的作用,但草木灰远不能满足生产上的需要,因此研究草木灰增产作用的实质,从而探索另外的增产途径具有重要的实践意义。本文是这方面工作的初步总结报导。

表 1 草木灰对漕改旱田上当年旱作生長及产量的影响(1960)

地点及土壤	处 理	作 物	株高厘米	有效穗数/亩	粒数/穗	千粒重 (克)	测 产 (斤/亩)
盐城河泥土	施 灰 ⁽¹⁾	小 麦	90.5	187400	21.8	23.4	172.3
	不 施 灰	小 麦	59.4	161200	14.3	18.8	78.0
盐城芦荒土	施 灰 ⁽²⁾	小 麦	79.2	198400	19.1	20.9	142.2
	不 施 灰	小 麦	66.5	172000	13.1	18.1	75.7
兴化死土	施 灰 ⁽³⁾	大 麦	—	187600	19.6	25.1	165.2
	不 施 灰	大 麦	—	101300	7.1	20.9	27
				分 权 数	鮮重克/株	干重克/株	
盐城芦荒土	施 灰 ⁽⁴⁾	苕 子	32.2	4.48	4.65	0.98	
	不 施 灰	苕 子	28.9	2.96	2.11	0.46	

(1) 每亩施灰 10 担,河泥 100 担; (2) 每亩施灰 10 担,人粪 5 担;
(3) 每亩施灰 800 斤,硫酸 7 斤; (4) 4 月 22 日測定。

一、大田試驗方法及結果

草木灰虽視其来源和保存方法的不同,其成分有較大的差异,但一般均含有較丰富的磷、鉀等元素。为了明确各別元素在增产中所起的作用,我們用化学肥料进行了单因子試驗,各別处理中化学肥料的用量,均按 500 斤稻草灰中含有的主要元素量折合計算,試驗处理見表 2。

* 本文为土壤所里下河工作組的工作报告的一部分。本工作与江苏省里下河水稻研究所、江苏省兴化县农科所合作进行。

表 2 試 驗 处 理

代 号	处 理	基 肥	
		种 类	数 量(斤/亩)
I	稻 草 灰	稻 草 灰	500
II	P + K + Ca	过 磷 酸 鈣	29.7
		硫 酸 鉀	55
		碳 酸 鈣	19.5
III	P + Ca	过 磷 酸 鈣	29.7
		碳 酸 鈣	19.5
IV	P	过 磷 酸 鈣	29.7
VI	K	硫 酸 鉀	55
VII	Ca	碳 酸 鈣	19.5
VIII	土 + N	干 土 屑	1,000
		硫 酸 銨	15
IX	土	干 土 屑	1,000

此外,鉴于預备性試驗(土培試驗指示作物:小麦、元麦)的結果,施用含等量 P_2O_5 的过磷酸鈣(与草木灰相比)可显著促进作物的出苗及幼苗的健壮生长,鉀(K_2SO_4)或鈣($CaCO_3$)的效果不显。因此,在进行上述試驗的同时,还对草木灰和过磷酸鈣有关施用方法的問題进行了研究。

試驗地土壤为一熟漚田鴨屎土,有机質含量为 2.42%,全氮为 0.125%。1959 年为冬干田,前茬中稻。各处理三个重复,順序排列,小区面积 18.7 米²。1960 年 10 月 15 日耕地。17 日破袋施基肥,同日播种,供試品种为紫六稜大麦。播量为 25 斤/亩。各处理追肥相同。1960 年 11 月 28 日第一次追肥,每亩施稀人、猪粪水 53.5 担,12 月 22 日第二次追肥,每亩稀人、猪粪水,量同前,1961 年 1 月 22 日第三次追肥,每亩施塘泥 71 担(每担 80 斤),以后經常清沟排水。

現將試驗結果列于表 3、表 7、表 8。

表 3 各处理大麥的干物質积累速度、產量及考种材料

代号	处 理	鮮 重(克/株)			株 高 (厘米)	有效穗 (数/亩)	粒数/穗	千粒重 (克)	測 产* (斤/亩)	实 产* (斤/亩)
		19/XI'60	7/I'61	6/III'61						
I	稻 草 灰	0.39	0.85	2.23	84.9	331,800	30.5	29.5	406	323
II	P + K + Ca	0.57	0.91	1.83	78.4	276,000	29.9	30.7	344.6	304
III	P + Ca	0.48	0.74	2.47	78.3	285,600	27	30.7	322	298
IV	P	0.51	0.98	3.12	82.7	288,000	30.8	30.1	363.1	327
VI	K	0.27	—	1.16	75.5	267,600	22	30.5	244.2	232
VII	Ca	0.33	0.46	1.53	73.2	277,800	18.6	30.5	214.3	—
VIII	土 + N	0.30	0.60	1.23	69.9	240,000	20.5	28.6	191.4	222
IX	土	0.30	0.44	1.30	67.7	246,000	19.3	30.1	194.3	167

* 已乘上土地利用系数(0.85)后的校正,測产数为理論产量的 80%。

由表 3 中第 10 和 11 栏可见,凡用过磷酸钙作基肥的处理其产量均显著高于不施过磷酸钙的处理,而与草木灰者相近。钾或钙单施虽也表现某些增产效果,但远不及过磷酸钙显著,且当其与过磷酸钙混合施用,在本试验条件下,表现不出任何肥效。

注意到表 3 中第 3、4、5 栏的资料,不难看出,凡施用过磷酸钙的处理,植株幼苗期的每株鲜重均与施用草木灰者相近,而较其余处理高出一倍左右。显然这表明了草木灰或过磷酸钙对大麦苗期生长的巨大良好作用。植物营养生长的好坏与其生殖生长有着密切的相关,因而凡施用草木灰或过磷酸钙的处理,其每穗粒数(27—30.8)较未施者(18.6—22)高出许多(约 50%)。这首先是它们所以能够促使增产的一项重要因素。

表 3 第 7 栏中的资料清楚地说明,施用草木灰或过磷酸钙能增加有效穗数,从而获得增产。有效穗决定于基本苗、有效分蘖等诸项因子,观测资料证明草木灰或过磷酸钙不仅能增加有效分蘖,并且在提高出苗率、增加基本苗方面也有着良好的作用。

二、草木灰与过磷酸钙增产作用原因的讨论

研究表 3 中硫酸钾(处理 VI)、碳酸钙(处理 VII)与对照处理(处理 IX)中的各项资料(三个处理的每穗粒数相近,但处理 VI、VII 的植株高度均略高于处理 IX)。似乎有理由认为,碳酸钙或硫酸钾的作用主要在于促进土壤中矿化过程的进行。碳酸钙或硫酸钾单施时有某些增产效果的原因,可能即在于此。由于过磷酸钙中含有大量的钙(约含 50% 的 CaSO_4),所以当它们与过磷酸钙混合施用时就不表现出任何肥效。由此可见,草木灰中的钙、钾元素所起的促进土壤矿化过程的作用,是草木灰具有增产效果的一个因素。此外,一般认为,草木灰还能起增高土温保护麦苗避免冻伤以及疏松土壤、有利根系发育等作用。整个幼苗期的观测材料证明,施用草木灰的处理,冬季晨昏时 5 厘米土层处的土温恒较施用干土层者高 1—2℃,在气温骤降的条件下,二者间的差异更可达 2℃ 以上。观察材料也证明了草木灰对疏松土壤的有益影响。可见,草木灰的物理属性及其对土壤物理性状的良好影响,在其增产效果中所起的作用,也应该予以承认,但是从上述结果来看(表 3),特别是从表 4 中的资料来看,似乎有充分的理由可以认为,草木灰中的磷素乃产生巨大增产效果的主要因素。表 4 指出,施用稻草灰、糠糠灰或过磷酸钙作基肥,将显著改变三麦幼苗的化学组成, P_2O_5 的含量急剧增高,植株体内的氮、磷、钾对比关系发生巨大的改变,而此期植株体内的 P_2O_5 量及 $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$, $\text{K}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ 比值,则与产量有着明显的关系。

注意表 4 中氮、磷、钾比值方面的资料,可以看到,凡产量较高的处理,其 $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$; $\text{K}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ 比值都较小,这表明此时影响以后产量的因子,并不是氮或钾的相对缺乏,表 4 中第 10 行(代号 VIII)的资料,更予人以深刻的印象,此地,氮肥的效果不大,似乎磷素的缺乏已成为三麦生长初期的限制因子。

一般认为,中性水稻土在现有施肥水平下磷素并不缺乏。根据分析资料,各种类型漏田表土的 P_2O_5 量一般变动在 0.1—0.12% 间,1960 年水稻的肥料试验结果也说明过磷酸钙对水稻(早、中稻,漏田)不表现增产效果,因此很自然地可以联想到,过磷酸钙对于漏田水稻土的这种作用,可能与漏田土壤的特性及漏改旱过程中所发生的某些过程有关。实验室的研究结果表明,漏田土壤中活性铁、铝较多,在土壤干燥过程中以及随着漏田水稻

表 4 不同基肥种类对灌改旱田三麥幼苗化学组成的影响*

代号	基肥种类及数量(斤/亩)	項 目	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)	N/P ₂ O ₅	K ₂ O/P ₂ O ₅	实 产 (斤/亩)
鴨屎土,兴化,大麦,紫六稜								
I	稻草灰 500		4.02	—	4.71	—	—	323
II	过磷酸鈣 29.7, K ₂ SO ₄ 55, CaCO ₃ 19.7		3.42	1.27	5.56	2.70	4.38	304
III	过磷酸鈣 29.7, CaCO ₃ 19.7		3.70	1.02	4.86	3.62	4.76	298
IV	过磷酸鈣 29.7		3.87	1.07	4.80	3.61	4.50	327
XI	过磷酸鈣拌种 10		4.36	1.81	5.80	2.41	3.21	265
VI	硫酸鉀 55		3.84	0.281	3.56	13.66	12.67	232
VII	碳酸鈣 19.7		2.90	0.384	4.21	7.55	10.96	—
VIII	干土屑 1000, 硫酸銨 15		4.04	0.313	4.00	12.90	12.77	222
鴨屎土,兴化,大麦,紫六稜								
XVI	稻草灰 750		3.13	—	4.51	—	—	301.1
XVII	猪粪 37.5 担		4.51	1.70	5.26	2.65	3.09	457.7
XVIII	河泥 150 担		2.80	0.465	3.57	6.02	7.68	—
芦荒土,盐城,大麦,土种								
XIX	稻草灰 500		4.12	1.24	4.06	3.32	3.27	195.5
XX	猪粪 30 担		4.00	1.13	3.53	3.54	3.12	172.3
XXI	河泥 150 担		3.63	0.642	3.52	5.65	5.48	97.8
芦荒土,盐城,小麦,大黃皮								
XXII	礱糠灰 800		2.45	0.366	4.01	6.69	10.96	182.8
XXIII	稻草灰 500		2.38	0.356	3.08	6.68	8.65	191.9
XXIV	泥渣 90 担, 稻草灰 200 斤		2.94	0.461	4.54	6.38	9.86	187.9
XXV	泥渣 90 担		2.16	0.252	3.68	8.57	14.60	105.4
XXVI	河泥 150 担		2.42	0.282	3.08	8.58	10.92	116.9

* 播种后 33—40 天幼苗。
代号 XVI~XVIII 与代号 I~XI 者的追肥及前作不同,代号 XVI~XXVI 为在生产队进行的对比試驗,无重复,每組試驗除基肥外,其他条件完全相同。

表 5 干燥对土壤中速效性磷酸鹽固定的影响*
脉冲数(次/分钟/毫升)

土 壤	处 理	测 定 时 間				
		原 土 样	干燥后立即	干燥后 3 天	干燥后 7 天	干燥后 10 天
二熟田水稻土	水分过饱和	4,155	3,929	3,862	4,214	3,564
	干 燥	4,155	3,809	4,064	4,158	3,834
灌田水稻土	水分过饱和	2,697	—	—	2,814	2,564
	干 燥	2,697	1,597	1,499	1,552	1,668

* 稀硫酸 (0.02 N) 提取液中 P³² 量。水分过饱和态处理各样品中 P³² 的测定与干燥处理者同时进行。

土的演变为二熟田水稻土, 活性鉄、鋁均遭到不同程度的“老化”。鉄、鋁及与之相关的土壤胶体性状在固定磷酸盐上的作用是众所周知的。我們曾分別用二熟田水稻土及漚田水稻土使之淹水呈強烈还原态后, 加入放射性磷, 測定在土壤干燥过程中磷素有效性的变化, 結果列于表 5。由表 5 可見, 无论二熟田水稻土或漚田水稻土, 在土壤水分过饱和状态下, 磷素的有效性均不降低, 在土壤干燥过程中, 二熟田水稻土中的有效性磷量仍保持不变, 但在漚田水稻土中磷素則遭受到明显的固定。表 6 中所列的資料与此很相符合。

表 6 新疆改旱田及老麥田(二熟水稻土)上大麥幼苗(播后 37 天)的化学組成*
(盐城, 秦南公社秦南大队介沟生产队, 大麥土种)

处 理 項 目	N %	P ₂ O ₅ %	N/P ₂ O ₅	K ₂ O/P ₂ O ₅	K ₂ O %	实 产** (斤/亩)
新疆改旱田, 芦荒土						
I	3.79	0.645	5.87	5.30	3.42	—
II	4.16	1.11	3.75	3.59	3.99	185.6
III	3.65	0.593	6.15	5.82	3.45	134.4
老麦田(二熟田水稻土), 白脚土						
I	4.14	0.999	4.15	3.18	3.18	341.5
II	4.06	1.12	3.62	3.92	4.39	344.3
III	4.69	1.13	4.15	3.42	3.87	340.1

* 对比試驗, 无重复, 两种水稻土上的大麥品种, 播种期、播量、追肥期、追肥量及管理加工等皆完全相同。

** 已乘上土地利用系数(0.80)后的校正值。

I——每亩基肥廐糠灰 800 斤。

II——每亩基肥泥渣 150 担, 稻草灰 200 斤。

III——每亩基肥泥渣 90 担。

表 6 指出, 无论使用何种肥料为基肥, 老麦田上植株幼苗的 P₂O₅ 含量均較高, 且彼此間的变动范围很小, N/P₂O₅ 比值和 K₂O/P₂O₅ 比值都較小而稳定, 籽实产量也較高。反之, 新疆改旱田上植株幼苗的 P₂O₅ 含量視基肥种类而异, 随基肥中所能提供的速效性磷量增多而增加, N/P₂O₅ 和 K₂O/P₂O₅ 比值也随基肥种类而有較大的变动。只是在用稻草灰作基肥的处理中, 植株幼苗中的 P₂O₅ 量始达到老麦田上植株者的同等水平, 基肥为泥渣或廐糠灰的处理, 植株幼苗中的 P₂O₅ 量較老麦田相应处理者低許多。而此两种土壤的全磷量又是相近的, 这就明显的証明了两种土壤在种植旱作时磷素供应能力方面的巨大差异。

因此似乎可以作出結論, 漚田土壤中活性鉄、鋁量較多及其相关土壤胶体性状, 与漚改旱田土壤中磷素遭受固定有关: 速效性磷量的降低, 是漚改旱田低产的一项主要原因; 草木灰或过磷酸鈣的有效作用主要在于速效性磷的供应。

三、关于磷肥(草木灰、过磷酸鈣)施用方法問題

集中施肥是羣众固有的經濟利用肥料的宝貴經驗, 根据上述討論, 在漚改旱田上, 磷肥的集中施用还有可能減少磷素的固定, 从而取得更大的經濟效果。磷素的移动性很小, 而作物在幼苗期时对其需要性較在生长后期时远为迫切, 因此可以預期, 磷肥作基肥施用

当較其作追肥施用为优。大田試驗結果基本上証实了上述推論。由表 7 中的資料可見，用每亩 10 斤过磷酸鈣拌种，其产量虽仅为每亩施用 40 斤作基肥者的 82%，但較对照增产 58.7%。表中草木灰拌种的增产幅度較小，显然是由于草木灰用量过多，碱性伤害幼苗所致。在肥料施用时期方面，表 8 中的資料指出，播后 20 天追肥的处理，其产量仅为用作基肥者的 83.6%；播后 40 天追肥的与播后 20 天追肥的产量完全相同，但从幼苗期的鮮重及成熟期的植株高度、每穗粒数等来看，則仍然可以看出草木灰的肥效有随施用时期的推迟而降低的趋势。

表 7 过磷酸鈣、草木灰不同施用方法的效果比較
(兴化,紫六稜大麦)

代号	基 肥			株 高 (厘米)	有效穗 数/亩	粒数/穗	千 粒 重 (克)	测 产** (斤/亩)	实 产** (斤/亩)
	种 类	施用法	数 量 (斤/亩)						
X	过磷酸鈣	撒 施	40	79.7	300,000	29.5	29.7	357.4	323
XI	过磷酸鈣	拌 种	10	77.4	267,600	25.1	29.6	270.4	265
XII	稻 草 灰	撒 施	1,000	84.2	282,000	33.0	30.6	387.3	387
XIII	稻 草 灰	拌 种	400	73.7	271,800	24.3	28.8	256.9	238
IX	干 土 屑*	—	1,000	67.7	246,000	19.3	30.1	194.3	167

* 对照处理。 ** 同表 3 注。

表 8 草木灰不同施时期的效果比較
(兴化,紫六稜大麦)

代 号	施用时期及方法	鮮 重 (克/株)			株 高 (厘米)	有效穗 数/亩	粒数/穗	千粒重 (克)	测产*** (斤/亩)	实产*** (斤/亩)
		19/XI'61	7/I'61	6/III'61						
IV	播 种 前 撒 施	0.39	0.85	2.23	84.9	331,800	30.5	29.5	406	323
XIV	播种后20天盖种	0.29	0.32	1.12	77.2	243,600	25.3	29.1	243.9	271
XV	播种后40天盖种	0.29	0.58	1.41	73.8	267,600	22.2	30.02	242.6	270
IX	—**	0.30	0.44	1.30	67.7	246,000	19.3	30.1	194.3	167

* 每亩施稻草灰 500 斤。 ** 对照处理，每亩施干土屑 1,000 斤。 *** 同表 3 注。

最后順便指出，第二节中所提到的氮肥单施时增产效果不大(表 3 处理 VIII)，并不意味着新漚改旱田不需要氮肥。恰恰相反，当氮肥与磷肥配合施用，則将可获得較磷肥单独施用更大的增产效果，表 4 中的資料(第 13、16 行)似乎有力的暗示了这一点。

四、摘 要

- 1. 漚田水稻土具有特殊的化学和物理化学特性，在漚改旱过程中，速效性磷遭受显著的固定，速效性磷的缺乏，可能是漚改旱田旱作低产的主要原因之一。
- 2. 典型調查及大田对比試驗材料表明，草木灰对漚改旱田旱作(三麦、綠肥)有显著的增产效果，其增产幅度因漚田类型、漚改旱的其他农业技术措施的配合情况等不同而不同。
- 3. 草木灰具有显著肥效的原因很多，如提高土温、疏松土壤等，但其主导因素可能与其含有較丰富的速效性磷有关。

4. 过磷酸钙对漚改旱田旱作有显著的增产效果。每亩施用过磷酸钙 30 斤作基肥,其肥效与 500 斤稻草灰相等,大麦产量较对照增产 95.8%。单施(基肥)硫酸钾、碳酸钙或硫酸铵对漚改旱田大麦也具有增产效果,但其肥效远逊于过磷酸钙。

5. 过磷酸钙拌种可减少肥料用量,每亩 10 斤过磷酸钙拌种,大麦产量较对照可增产 58.7%。无论过磷酸钙或草木灰均以用作基肥效果最大,施用时间愈迟,其肥效将愈降低。

EFFECT OF THE APPLICATION OF STRAW ASH AND SUPERPHOSPHATE ON NEWLY RECLAIMED PADDY SOIL IN FLOODED AREAS OF LI-SHIA-HO, KIANGSU

WEN CHI-HSIAO AND WU SHUEN-LING
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

(ABSTRACT)

Field practice has long proved that the application of straw ash on newly reclaimed paddy soils derived from the lacustrine deposit in the flooded areas of Li-Shia-Ho, Kiangsu, greatly increases the yields of wheat, barley and other upland crops. Field experimentes were conducted to compare the effect of superphosphate with straw ash as basic dressings at a same level of phosphate fertilizer. Results revealed that superphosphate has a similar effect as straw ash.

Laboratory investigations gave evidences that fixation of available soil phosphorus takes place as the flooded soil dried out through reclamation and drainage.