

绿萍的增产和改土作用

施书莲 程励励 林心雄 束中立 文启孝

(中国科学院南京土壤研究所)

扩大有机肥源是夺取当季作物高产和改良土壤的重要一环。绿萍是一种水生绿肥，具有固氮(通过体内共生蓝藻的作用)及繁殖力强的特性。我国稻田养萍的历史相传已有两个世纪(浙江省农科院土壤肥料研究所编, 1976)，浙江、福建、四川、广东、广西部分地区早有利用绿萍作为肥料的习惯。近年来，由于耕作制度的改革、复种指数的提高以及高产耐肥品种的推广，生产上普遍出现了用地与养地、需肥与缺肥的矛盾。因此南方水稻地区，绿萍的养殖面积日益扩大，并有“南萍北移”的趋势。各地经验证明，稻田养萍有明显的增产改土效果。但是，有关绿萍的增产改土作用，迄今还研究得不多(Tsujimura et al., 1957; 蔡道基等, 1962); 在水稻高产区，在“晚发田”上，群众并有养萍易使早稻贪青减产的反映。为此，我们研究了绿萍中氮素的有效性、它的释放特点，以及绿萍在保持和提高土壤有机质含量上的作用等问题。同时，针对群众的上述反映，从1974年起，在无夕县东亭大队“晚发田”上进行了稻田养萍的试验。本文报道这方面的研究结果。

材料和方法

供试绿萍分别取自大田、萍母田和水培；紫云英取自大田，采样时为盛花期。样品经低温烘干，然后磨细备用。各试样的分析结果见表1。

表1 绿萍、紫云英的组成分析

供试样品	生长情况	灰分 (%)	N (%)	C/N	组成成分 (占无灰干物质%)					
					苯醇溶性物质	水溶性物质	半纤维素	纤维素	木质素	粗蛋白
绿萍 ₁	生长健壮, 根少	11.3	4.31	11.0	12.1	15.7	13.7	7.40	17.8	22.5
绿萍 ₂	生长良好, 根少	19.1	3.77	11.2	9.49	19.5	9.87	7.09	20.2	24.4
绿萍 ₃	生长一般, 根较多	31.6	3.06	12.0	6.47	15.5	9.65	5.65	34.8	—
绿萍 ₄	生长极差瘦弱, 根多	41.6	1.76	17.5	7.65	18.7	17.9	6.04	31.2	16.8
紫云英 ₁	盛花期	10.3	4.36	10.0	21.8	23.1	6.76	10.2	9.66	23.1
紫云英 ₂	盛花期	7.31	3.29	14.8	25.3	18.2	7.85	13.1	8.58	22.9

氮素利用率用盆栽差值法测定。每盆盛土3公斤，每盆加P₂O₅0.5克，K₂O0.33克；绿萍或紫云英的加入量为300毫克N/盆。每处理重复四次。供试作物为早稻(二九青)。

用同法测定绿萍或紫云英腐解过程中各时期的氮素矿化量，每个处理重复7次。分别于复水后的第7、13、20、33、48、62和80天，从每处理中取出一盆，分别测定水稻植株的全氮量和土体中的NH₄-N量。

腐殖化系数用埋管法测定。取通过 1 毫米筛孔的有机质含量低的土壤, 分成若干份, 每份 100 克, 分别加入供试植物物质 2.5 克, 混匀后装入砂滤管, 封盖, 埋入田间表土层内, 腐解 1—2 年后, 测定样品中残留碳量。该量与加入碳量的比值即腐殖化系数。各个处理重复三次。

土壤和植株的含氮量用克氏法测定。NH₄-N 用 NKCl 提取, 用 MgO 蒸馏。N¹⁵ 用质谱计测定。碳含量用丘林法。

田间试验采用简单对比法。设养萍和对照两个处理。放萍时间为前季稻, 养萍区的轮作和其它水肥管理措施均与对照区相同。试验田面积为 2.4 亩, 连续试验四年。

结 果 和 讨 论

(一) 绿萍中氮素的有效性

绿萍中的氮素是绿萍对当季作物具有增产作用的主要因素。和各种植物一样, 绿萍中氮素含量的高低, 除与品种有关外, 还受环境条件很大影响。环境条件适宜、生长健壮的绿萍, 不但产量高, 而且叶片宽厚, 根较细而少, 因此氮含量高, C/N 比值较小; 反之, 生长不良的绿萍, 产量既低, 含氮量又少, C/N 比值较大(表 1)。

C/N 比值的大小, 是有机肥中氮素有效性的主要标志之一。一般比值越小, 氮素的有效性越大。不同绿萍之间也遵守此一规律。表 2 表明, 不同 C/N 比值的绿萍, 其氮素的有效性差异很大。C/N 比值为 17.5 的绿萍, 它的氮素既几乎不能被当季水稻所利用, 对后季水稻的有效性也同样很低(表 2)。可见管好绿萍, 不但将增加绿萍产量, 同时可提高绿萍中的氮素含量, 并将提高其氮素利用率。

表 2 不同碳氮比值的绿萍氮素利用率*

处 理	第 一 季		第 二 季	
	植株吸收总氮量 (毫克/盆)	利用率(%)	植株吸收总氮量 (毫克/盆)	利用率(%)
对 照	227.9	—	107.6	—
绿萍 ₁ (C/N: 17.5)	234.3	2.2	118.7	3.7
绿萍 ₂ (C/N: 12.0)	279.8	17.3	110.9	1.1
紫云英 (C/N:10.0)	413.7	64.9	118.8	3.7

* 供试土壤: 江宁小粉土 (C—1.03%; N—0.124%)。

表 2 中的结果还表明, 和紫云英比较, 绿萍中的氮素利用率要低得多。初看起来, 这似乎也可用 C/N 比值不同来解释。但是比较不同 C/N 比值的绿萍和紫云英的氮素利用率就可看到, 即使绿萍的 C/N 比值较紫云英小得多, 它的氮素利用率仍远较紫云英低。由表 3 可见, 尽管在不同土壤上, 同一绿萍和紫云英的氮素利用率都有较大的变异, 但是 C/N 比值为 11.2 的绿萍, 它的氮素利用率总是反比 C/N 比值为 14.8 的紫云英低得多(表 3)。由此可见, 绿萍氮素利用率较紫云英低, 不是由于 C/N 比值的不同, 而是由于另外的原因所致。

表 3 绿萍、紫云英的氮素利用率

处 理	谷 粒		茎 秆		植株吸收总氮量 (毫克/盆)	利用率 (%)
	重量(克)	N %	重量(克)	N %		
黄泥土 (C—1.40%, N—0.171%, pH—6.72)						
对 照	25.99	1.22	14.81	0.626	408.3	—
绿 萍	26.76	1.04	15.70	0.723	487.4	26.3
紫云英	31.50	1.39	17.73	0.773	565.3	52.4
沙土 (C—0.75%, N—0.093%, pH—8.5)						
对 照	10.49	1.04	6.34	0.483	140.2	—
绿 萍	16.40	1.14	9.50	0.540	238.7	32.8
紫云英	20.89	1.19	12.42	0.564	318.1	59.3
白土 (C—1.04%, N—0.123%, pH—7.25)						
对 照	24.37	1.22	11.69	0.550	372.6	—
绿 萍	31.23	1.27	18.08	0.636	509.2	45.8
紫云英	34.76	1.31	20.45	0.636	585.1	70.8

绿萍属蕨类植物,其叶片细胞组织和紫云英不同,且萍根在整体中所占比重较大,因此在化学组成上,绿萍以木质素含量较高为特点。生长差、根较多的,其木质素含量更高。紫云英的茎叶中,苯醇溶性物质含量高,木质素含量低,一般在10%左右(表1)。一些研究者曾指出,木质素作为一种壳状物质,它覆盖于细胞壁上和纤维胶束内外,本身很难被微生物分解,因而它的含量多少,对植物残体的分解速率有巨大的影响(Russel, 1973)。同时,它还易与有机含氮化合物结合而大大降低其分解性(Bremner, 1967)。看来,化学成分和细胞组织的上述不同,是绿萍氮素利用率较紫云英低的主要原因。综合我们现有的试验结果来看,大体上说来,一般大田生长的绿萍,木质素含量为20%左右的,其氮素利用率约为紫云英的60%;木质素含量30%左右的,其氮素利用率约为紫云英的30%。

木质素含量较高,不仅使绿萍氮素的利用率较低,而且使其在腐解初期的矿化量较低,而后期较高(表4)。由表4可见,以整个水稻生长期中矿化的总氮量为100%计,在开

表 4 绿萍、紫云英中氮素的释放量*

测定日期		对 照	绿 萍		紫 云 英	
月	日	矿质态氮*总量(毫克/盆)	矿质态氮**总量(毫克/盆)	来自肥料中的氮量(毫克/盆)	矿质态氮*总量(毫克/盆)	来自肥料中的氮量(毫克/盆)
5	21	80.7	99.5	18.8	159.3	78.6
5	27	82.8	102.5	19.8	155.5	73.7
6	3	101.8	121.7	19.9	219.6	117.8
6	16	131.1	146.7	15.6	220.4	89.3
7	1	175.7	208.2	32.5	278.7	103.1
7	15	204.0	243.3	39.3	353.4	149.4
8	2	227.9	279.8	51.9	413.7	185.8

* 5月14日复水,17日移栽水稻。

** 土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和植株中吸收的氮量之和。

始腐解后的第 7 和 20 天,紫云英释出的氮量已分别达到 42% 和 64%,而绿萍释出的氮量仅分别为 36% 和 38%;在腐解中、后期的 62 天中,紫云英释出的氮量仅约为 36%,而绿萍则为 62%。绿萍中氮素矿化的这种特点,在一般情况下,在绝大多数土壤上,正可满足水稻后期对氮素的要求,从而获得明显的增产效果;在“晚发田”上,由于在水稻生长后期仍有较多量土壤氮素矿化出来,确实存在着使水稻贪青的可能。但是,应当注意到,绿萍腐解中、后期释出的氮量较多,只是就其相对数量而言,其绝对数量仍比紫云英少得多,如果在施用紫云英或其它优质有机肥料的“晚发田”上,措施得当,而获得增产的话,那末,在这种土壤上养萍,也应该不是可以避免水稻贪青而获得类似增产效果的。

以上所谈的绿萍或紫云英的氮素的利用率,都是用差值法测定的值,从农业实践的角度来看,这无疑是重要而恰当的。但应该指出,这种说法不完全确切。上述有效性氮固然绝大部分来自绿萍或紫云英,但其中一部分是由于绿萍或紫云英对土壤氮素的激发作用而来的,并不是绿萍或紫云英中的氮素(表 5)。不同土壤上绿萍的激发量不同,一般在有机质含量少、肥力低的土壤上激发量较大。可能,绿萍在此类肥力低的土壤上增产效果较高,部分地与此有关。

表 5 绿萍对土壤氮素的激发作用

供试土壤	C %	N %	植株吸收总氮量 (毫克/盆)	来自肥料中的 N ¹⁵ 量 (毫克/盆)	来自施绿萍土 壤中的氮量 (毫克/盆)	来自未施绿萍 土壤中的氮量 (毫克/盆)	土壤氮素 激发量	
							(毫克/ 盆)	(%)
黄泥土	1.45	0.171	345.7	74.4	271.3	251.9	19.4	7.7
黄褐土	0.77	0.087	237.7	68.3	169.4	128.6	40.8	31.8

(二) 绿萍的改土作用

各地的经验证明,绿萍具有显著的改土作用。养萍一段时间后,土壤变黑变“活”,耕性显著改善。绿萍所以能改良土壤,和其它有机肥料一样,主要是由于它能提供土壤以有机质。各种有机肥料的化学组成成分不同,它们形成的土壤有机质质量各不相同。试验结果表明,和根据化学组成成分所预期的相符合,单位重量绿萍形成的土壤有机质比紫云英或稻草均较多。粗略地讲,每 100 斤绿萍(干物质)大约可转化成 39 斤土壤有机质;紫云英和稻草的相应数值,仅分别为 26 斤和 31 斤(表 6),根据现有资料,一般每亩稻田养萍量大约在 1500—2500 斤左右(折算为无泥的鲜萍重),按此计算,其形成的土壤有机质量,大约相当于每亩施用 120—200 斤风干稻草或 1040—1780 斤鲜紫云英(以鲜萍的干物质量为 6%,风干稻草的干物质量为 93%,鲜紫云英的干物质量为 13% 计)。

土壤有机质对土壤物理性质有巨大的作用,在其它条件相同的情况下,土壤有机质含量的多少,常与土壤的物理性质有良好的相关性。有机质的这种作用,从表 7 中也可看得

表 6 绿萍、稻草和紫云英的腐殖化系数*

腐解时间	绿萍	稻草	稻草+紫云英	紫云英
一年	0.39	0.31	0.29	0.26
二年	0.29	0.21	—	0.19

* 腐解条件: 稻麦两熟田。

出来。表 7 表明,连续三年养萍的土壤,其抗压强度、浸水容重和容重等,均较对照区的土壤为低。这说明绿萍能够改良土壤的这些物理性质。但是,养萍区的土壤,其总孔隙度虽有所增加,增加的却是毛管孔隙,而非毛管孔隙(或田间持水量时的通气孔隙)没有增加。毛管孔隙增多将使土壤田间持水量和饱和含水量增大,这对于这种持水性能过度发育的土壤是不利的。值得注意的是,连续施用水葫芦和稻草,对土壤物理性质的影响,与养萍

表 7 绿萍、水葫芦和稻草对土壤物理性质的影响*

试验处理	抗压强度 (公斤/厘米 ²)	浸水容重 (克/厘米 ³)	容 重 (克/厘米 ³)	总孔隙度 体积(%)	非毛管孔隙 体积(%)	田间持水量 (%)	饱和含水量 (%)
绿萍对照	27.9	0.62	1.11	58.0	4.5	46.3	50.5
	31.4	0.65	1.23	53.5	4.4	37.6	41.2
水葫芦对照	26.0	0.63	1.20	54.9	6.8	39.7	45.5
	30.7	0.67	1.25	52.8	7.0	34.6	40.0
稻草对照	26.0	0.63	1.14	56.8	6.1	41.8	47.1
	31.6	0.63	1.18	55.6	8.8	39.2	46.9

* 由物理组姚贤良、赵渭生同志提供。

的相似。由此似乎可以认为,对于这种质地粘重、土体的内排水本来就较差,加之改为三熟制后耕层土壤的渍水时间延长,从而持水性能高度发育的土壤,有机肥并不能发挥其应有的作用。可能,这种土壤的物理性质,主要是在其特殊的水分条件下所导致的胶体特性的表现,改善这种土壤的物理性质,必须从改变土壤的水分状况入手。

(三)绿萍的增产效果

太湖地区,过去在中、晚稻田上养萍较为普遍,在倒萍及时的情况下,肥效显著,一般不会引起水稻贪青迟熟。在后期脱力的土壤,如乌栅土和白土等土壤上,绿萍的增产效果尤为明显。1975年无锡安镇公社年余大队在白土上进行的试验就是一个例子。在基肥相同的情况下,倒萍 3000 斤(鲜重、灰分含量 60%)作追肥,稻谷产量几与追化肥 18 斤(折合

表 8 绿萍田间试验及考种结果

试验时间及处理		有效穗数 (万/亩)	成穗率 (%)	实粒数 (粒/穗)	空秕率 (%)	千粒重 (克)	稻谷产量	
							(斤/亩)	相对(%)
1974	养 萍	56.0	71.3	31.3	55.5	21.8	673	107.0
	对 照	54.4	70.6	34.1	45.8	21.0	627	100.0
1975	养 萍	46.4	59.9	34.7	21.3	22.3	849	97.1
	对 照	47.3	53.7	34.3	22.7	22.7	875	100.0
1976	养 萍	47.5	67.0	38.0	11.4	26.7	886	109.0
	对 照	44.5	54.3	39.3	13.2	26.0	813	100.0
1977	养 萍	43.2	68.7	37.8	30.8	24.9	869	107.0
	对 照	38.5	56.1	38.8	27.6	25.3	813	100.0

硫铵)相等, 亩产分别为 727 斤和 735 斤。考种结果与藁秆、谷粒中含氮量的测定结果都说明, 施用绿萍并不导致水稻贪青迟熟。

在“晚发田”上, 1974—77 年连续四年的田间试验表明, 只要适当施足基面肥, 以防止由于养萍影响水稻分蘖早发, 掌握早倒萍、早追肥的原则, 并结合具体情况晒好田, 那末前季稻田养萍均可获得一定的增产效果(表 8)。四年试验中, 除 1975 年外, 其余三年的增产幅度均在 7—9% 间。1975 年的平产, 根据观察, 主要是由于养萍区水稻分蘖受到抑制, 而并非由于贪青迟熟, 考种材料可以证明这一点。此外分析材料也表明, 1975 年养萍区的水稻, 无论谷粒或茎叶中的含氮量, 均较对照区的为低; 反之, 1974 年养萍区的水稻, 其谷粒或藁秆的含氮量均较对照区的为高。所有这些说明, 掌握绿萍的供肥特点, 采取适当措施, 在“晚发田”上, 也是完全可以避免水稻贪青迟熟的。

结 语

良好的有机肥料, 应当是既能提供作物以较多的养分元素(主要是氮素), 又能生成较多的土壤有机质。豆科绿肥, 一般虽能为作物提供较多的氮素, 但它在保持和提高土壤有机质含量方面的作用常较小; 稻草等一类作物藁秆, 生成的土壤有机质虽较多, 但能提供的有效性氮量很少, 甚至在腐解的初期, 常将与作物争夺氮素。按单位重量的干物质计, 绿萍的有效性氮量虽较紫云英等豆科绿肥低, 但比堆肥, 甚至优质堆肥仍较高; 其能提供的土壤有机质量, 则远较紫云英等豆科绿肥多, 而仅略逊于腐熟堆肥。评价绿萍时, 作为一种有机肥料, 应充分考虑到它在作为氮素来源和土壤有机质来源这两个方面的作用。

绿萍生成的土壤有机质较多, 因此, 它具有较大的改良土壤的潜力, 并常可收到预期的效果。但是, 在某些情况下, 例如, 在持水性能过度发育的土壤上, 绿萍(和其它有机肥)并不能改善土壤的此一物理性质, 对于这一种土壤来说, 可能, 它的特殊的水分条件和其所引起的物理化学和生化过程是导致其物理性质不良的主要原因, 必须解决此一主要矛盾后, 绿萍(和其它有机肥)才能发挥其改土作用。

绿萍中的有效性氮素, 虽然在腐解的初期释出少, 中后期释出多, 但其绝对量较紫云英低, 因此即使在“晚发田”上, 只要措施得当, 和在一般土壤上一样, 都可获得明显的增产效果, 并不会引起水稻的贪青减产。

参 考 文 献

- 蔡道基、邵杰传、程励励, 1962: 稻田绿肥(满江红)的养殖和利用的研究。土壤通报, 第 4 期, 49—53 页。
浙江省农科院土壤肥料研究所编, 1976: 绿萍的养殖和利用。农业出版社。
Bremner, J. M., 1967: Nitrogenous Compounds, in Soil Biochemistry (A. D. MacLaren and G. H. Peterson eds.). 19—66, Marcel Dekker, New York.
Bussel, E. W., 1973: Soil Conditions and Plant Growth. 10th Ed., 261—281, Longman, London and New York.
Tsuji-mura, K., Ideda, F. and Tukamoto, K., 1957: Studies on azolla with reference to a green manure for rice fields (In Japanese). J. Sci. Soil Manure, 28: 275—278.

EFFECT OF AZOLLA ON THE FERTILITY OF PADDY SOILS

Shi Shu-lian, Cheng Li-li, Lin Hsin-hsiang, Shu Chong-li and Wen Chi-hsiao

(Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

Azolla is a common green manure used in paddy soils in eastern and southern China. Its effect on the growth of rice plant and the physical properties of soil was studied both in field experiment and pot culture. Results revealed that the contribution of available nitrogen from Azolla was lower than that of milk vetch but rather higher than compost.

Azolla as a green manure, however, accumulated more organic matter in soils than the milk vetch and consequently manifested more favourable effect on the improvement of soil physical properties in well drained conditions. Through two years observation, it was found that the rate of decomposition of Azolla in soils was comparatively slower than milk vetch and rice straw. But Azolla, as well as other manures, gave no effects on the improvement of permeability in poorly drained paddy soils.