

绿肥对滨海盐化潮土有机质的影响*

张 武 斌

(江苏沿海地区农科所新洋试验站)

土壤有机质是土壤的重要组成部分，是土壤肥力的主要组成。种植绿肥是提高土壤有机质的重要措施。为了进一步探讨绿肥对土壤有机质积累的影响，在中国农科院土肥所的统一组织下，按全国绿肥试验网的方案，从1981年开始进行了定位试验，现将几年的试验资料整理如下。

一、基本情况

试验地系发育在黄淮冲积物上的滨海盐化潮土，一米土层的氯化钠含量在0.1%左右，土壤中碳酸钙含量在6.97—7.73%，微碱性，pH值在8.5左右，土壤机械组成中以0.005—0.05毫米的粉砂粒为主，占77—85%，属粉砂壤土，试验按本地的“棉花—绿肥、棉花—麦和棉花—麦、绿肥间作”等基本的轮、间、套种方式进行。每年每亩翻压1500公斤左右的绿肥鲜草(包括地下部分约2500公斤)。豆科绿肥用苕子，禾本科用黑麦草，十字花科用麻菜(或油菜)，播种方式分豆科单播、豆科和禾本科或豆科、禾本科和十字花科混播。

试验期间定期定点采土，测定土壤有机质及其他养分的变化，土壤微生物区系和土壤酶活性等项目，同时对作物(包括绿肥)的生育情况、产量等进行测定。

二、主要结果

(一) 绿肥对土壤有机质的积累效果

据1981—1984年测定：苕子单播区土壤有机质三年累计增加0.129%，平均年增加0.043%，年递增率为2.9%；苕子、黑麦草等混播区三年累计增加0.166%，平均年增加0.055%，年递增率为3.9%，优于苕子单播区；无绿肥的棉花连茬区三年累计减少0.067%，平均年减少0.022%，年递减率为1.9%(表1)。

1. 绿肥在土壤中的分解速度。绿肥在土壤中的分解速度除受气候条件(如土壤水分、温

* 参加此项工作的还有孙体荣同志，土壤微生物由江苏沿海地区农科所陈正斌同志测定，特此致谢。

[2] 中国科学院新疆综合考察队、中国科学院地理研究所、北京师范大学地理系、新疆综合考察队地貌组编著，新疆地貌(附1:250万新疆维吾尔自治区地貌图)，科学出版社，1978。

[3] 李佛、曹锦铎、王鹤林，中国1:100万土壤图制图原则和方法的研究。土壤，18(1):8—14，1986。

参考图件：略

表1

土壤有机质的变化(%)

利用情况	绿肥种类	1981年 11月	1982年(日/月)			1983年(日/月)			1984年(日/月)		
			15/4	4/9	14/10	25/4	10/8	13/10	19/4	26/6	18/9
棉花—绿肥	苕子	1.45	1.47	1.42	1.68	1.44	1.54	1.57	1.60	1.55	1.58
	苕子、黑麦草和麻菜混播	1.37	1.42	1.32	1.41	1.35	1.45	1.44	1.51	1.50	1.54
棉花—棉花(麦)	无绿肥	1.22	1.31	1.16	1.18	1.10	1.25	1.22	1.30	1.22	1.15

度等)影响外,主要和绿肥植株的C/N比有关,一般禾本科绿肥C/N比>十字花科>豆科。据1982年4月中旬对混播中的黑麦草、麻菜和苕子进行测定,它们的C/N比分别为38.3、30.0和12.3;另外,同一品种生育期不同,其C/N比也不一致,如苕子初花期的C/N比为13.5,盛花期为14.4,结荚期达17.6。

翻压后C/N比小的豆科绿肥分解快,禾本科绿肥分解慢。据测定,苕子翻压后15天腐烂率达50%左右,而黑麦草要35—40天时间,50天后苕子的腐烂率达81%,黑麦草的腐烂率只有76%。

2. 绿肥的腐殖化系数。绿肥翻压后在土壤微生物的作用下,大部分被分解矿化,只有一小部分被腐殖化而保存在土壤中,其腐殖化系数的大小和绿肥品种及生育期有关。一般C/M大的绿肥腐殖化系数也较高。据1983—1984年用沙滤管法进行测定:单播苕子的腐殖化系数为0.206,与黑麦草混播的苕子腐殖化系数为0.212,单播黑麦草的腐殖化系数为0.218,与苕子混播的为0.206;同时翻压越早则腐殖化系数也越低,据测定,3月下旬翻压的黑麦草腐殖化系数为0.179,4月下旬为0.218,抽穗期达0.220。

(二)绿肥对土壤腐殖质组分的影响

1. 腐殖质组成。土壤腐殖质是有机物分解过程中形成的一类特殊物质,分胡敏酸和富里酸。据测定,各轮作区土壤中胡敏酸的含量较低,仅占土壤全碳量的7.5—12.2%。富里酸的含量较胡敏酸高,一般占土壤全碳量的16.4—20.9%,而无绿肥的棉花—麦间作区土壤中的富里酸含量较低,只占土壤全碳量的14.0%。胡敏酸和富里酸的比值较小,在0.36—0.71之间(表2)。

表2

各区土壤胡敏酸与富里酸含量比较

利用情况	绿肥品种	小区号	土壤全C%	HA+FA(C%)	HA(C%)	FA(C%)	HA占全C%	FA占全C%	HA/FA
棉花—绿肥	苕子单播	1	0.907	0.238	0.089	0.149	9.8	16.4	0.60
		2	0.920	0.250	0.096	0.154	10.4	16.7	0.62
	苕子、黑麦草混播	3	0.882	0.250	0.066	0.184	7.5	20.9	0.36
		6	0.920	0.281	0.112	0.169	12.1	18.4	0.66
	苕子、黑麦草、麻菜混播	4	0.869	0.232	0.066	0.166	7.6	19.1	0.40
	无绿肥	5	0.666	0.159	0.066	0.093	9.9	14.0	0.71

注: HA为胡敏酸, FA为富里酸。

经分析,土壤中胡敏酸和富里酸总量与土壤有机质(碳)含量之间有着极显著的回归关系($\hat{y} = -0.1055 + 0.229x$ $r = 0.945^{**}$ $n = 6$),但胡敏酸与富里酸各自与土壤有机质之间的相关性不一致,富里酸与土壤有机质相关性显著($\hat{y} = -0.0874 + 0.162x$ $r = 0.860^*$

$n = 6$), 而胡敏酸与土壤有机质的相关性不显著 ($y = -0.0181 + 0.068x$ $r = 0.584$ $n = 6$)。

由于土壤腐殖质含量的增加, 提高了土壤的吸收性能, 增加了保肥保水能力。据1984年秋测定, 棉花—绿肥(或绿肥连茬)轮作区土壤阳离子交换量在8.4—10.2毫克当量/100克土, 与土壤有机质含量有着极显著的回归关系 ($y = -24.78 + 21.92x$ $r = 0.954^{**}$ $n = 6$) 而棉花—麦间作区土壤阳离子交换量只有7.6—8.4毫克当量/100克土, 与土壤有机质含量之间的相关性不显著 ($r = 0.675$ $n = 6$)。

2. 土壤易氧化有机质。土壤易氧化有机质也是土壤有机质性质的一个重要方面。据测定, 易氧化有机质占土壤有机质的66—84%, 其中苕子单播区在66—70%之间, 豆科和禾本科混播区在67—74%之间, 棉花—麦间作区在71—84%之间。

(三) 绿肥对土壤微生物和土壤酶活性的影响

1. 增加土壤微生物数量。土壤翻压绿肥后微生物数量大大增加。据1983年5月中旬测定, 棉花—绿肥轮作区土壤微生物数量显著高于无绿肥区, 分类群微生物达917.6—1701.9万/克干土(以细菌最多, 每克干土中有823.5—1554.4万个, 放线菌次之, 真菌较少), 比无绿肥区增加98—267%, 其中混播绿肥区比无绿肥区增加237—267%, 单播绿肥区比无绿肥区增加98%(真菌和细菌增加较多, 放线菌增加较少, 见表3)。

表3

土壤微生物数量比较

微生物类别	棉花—绿肥			棉花—棉花(麦)		
	苕子单播	苕子、黑麦草混播	苕子、黑麦草、麻菜混播			
分类群微生物	细菌	万/克千土 增减 %	823.5 131	1292.6 263	1554.4 337	355.9 —
	放线菌	万/克千土 增减 %	93.0 -13	264.4 147	141.7 32	106. —
	真菌	万/克千土 增减 %	1.15 55	5.64 662	5.72 673	0.74 —
	总数	万/克千土 增减 %	917.6 98	1562.6 237	1701.9 267	463.6 —
	氨细菌	万/克千土 增减 %	5086 1549	7762 2415	14084 4463	308.6 —
	固氮菌	万/克千克 增减 %	0.43 72	2.94 1076	1.22 388	0.25 —
生理群微生物	纤维菌	万/克千土 增减 %	0.49 0	2.35 379	19.2 3820	0.49 —
	总数	万/克千土 增减 %	5087 1544	7768 2411	14226 4498	309 —

种植绿肥后微生物生理群增加更明显, 每克干土中有5087.3—14225.7万个(氨细菌最多, 纤维菌和固氮菌较少), 比无绿肥区增加15—45倍, 其中苕子单播区比无绿肥区增加15倍, 混播区比无绿肥区增加24—45倍(氨细菌增加最多, 固氮菌和纤维菌增加较少, 见表3)。

2. 提高土壤酶活性。土壤酶是土壤微生物活动的产物, 它的生存与活动可影响土壤中各

种生化过程的方向和强度，影响土壤的肥力状况与供肥性能，是目前评价土壤生物活性及土壤肥力水平的一个重要指标。绿肥翻压后定期(4—9月每半月一次)测定土壤 CO_2 释放量和酶的活性，结果表明，绿肥对提高土壤酶活性的效果显著，棉花—绿肥轮作区明显高于无绿肥区(表4)， CO_2 释放量在2.6—117毫克/100克土之间，比无绿肥区高1.3—56毫克/100克土，绿肥翻压后一个月明显降低(图1)，脲酶活性也明显增加，季节变化幅度也较大，施肥后增加更明显，棉花—绿肥轮作区在2.7—1336毫克氨态氮/100克土/24小时之间(图2)，蛋白酶次之，在5.7—17.0毫克氨基氮/100克土/24小时之间，以5月下旬到7月中旬含量较高(图2)，过氧化氢酶的活性增加较小，变幅也小，翻压一个月后也明显下降，和 CO_2 一样随着季节呈规律性变化(图3)，转化酶在6月份含量较高，之后逐渐下降，而8月份又有回升的趋势，可能与作物根系有关(图3)。

表4 土壤生物活性的比较

利用情况	绿肥种类	CO_2 释放量		过氧化氢酶		脲 酶		转化酶		蛋白 酶	
		幅 度	平均	幅 度	平均	幅 度	平均	幅 度	平均	幅 度	平均
棉花—绿肥	苕子单播	3.9—115	39.7	0.40—4.26	1.83	5.4—1214	440	0.95—4.43	1.85	6.2—17.0	10.1
棉花—绿肥	苕子、黑麦草、麻菜混播	2.6—117	37.6	0.35—4.01	1.78	2.7—1336	353	0.71—4.57	1.88	5.7—15.9	9.57
棉花—棉花(麦)	无绿肥	1.3—60.5	23.1	0.38—3.82	1.71	2.7—974	160	0.55—4.57	1.53	3.8—10.4	6.11

注： CO_2 释放量单位为毫克/100克土；脲酶：毫克氨态氮/100克土/24小时；蛋白酶：毫克氨基氮/100克土/24小时；过氧化氢酶：0.1N高锰酸钾毫升数/1克土/24小时；转化酶：毫克葡萄糖/100克土/24小时。

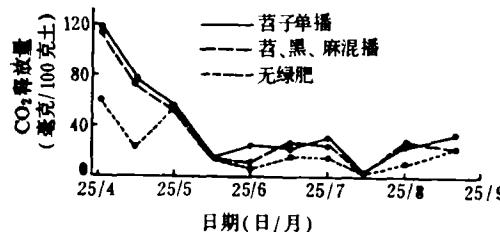


图1 土壤 CO_2 释放量变化曲线

在4月下旬、6月下旬和8月下旬三次测定土壤酶活性与土壤有机质含量，结果表明，脲酶、蛋白酶和 CO_2 释放量与土壤有机质含量之间的相关系数在0.474—0.990之间，但未达显著水准。过氧化氢酶、转化酶与土壤有机质的相关性也不明显。

(四) 绿肥对土壤速效养分的影响

种植绿肥还可以提高土壤速效养分。一般在翻压后40天左右土壤中的碱解氮就明显增加，60天后就可达到高峰。但由于绿肥品种不同，生育期的差异，影响绿肥的分解速度。豆科绿肥翻压后腐烂分解快，氮素释放速度快、数量多，混播绿肥次之。据1983年5—7月测定：苕子单播区土壤碱解氮平均达10.6毫克/100克土，最高可达13.9毫克/100克土，变幅为5.6毫克/100克土；苕子、黑麦草、麻菜等混播区土壤碱解氮平均为9.9毫克/100克土，最高为12.2毫克/100克土，变幅为4.5毫克/100克土，而无绿肥区碱解氮平均只有8.8毫克/100克土，最高也只有10.6毫克/100克土，变幅为3.9毫克/100克土(图4)。

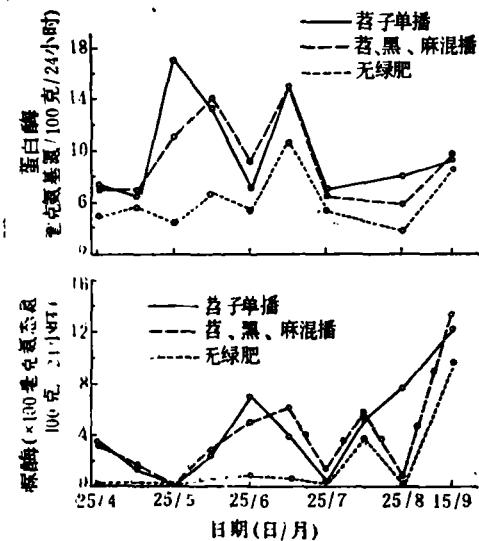


图2 土壤中脲酶和蛋白酶活性变化曲线

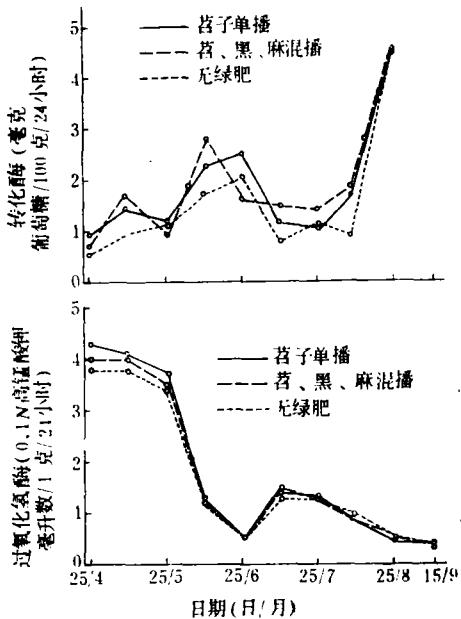


图3 土壤过氧化氢酶和转化酶活性变化曲线

另外,绿肥品种及利用方式对土壤有效磷含量也有一定影响,绿肥的根及地上部分翻压入土后均有利于土壤磷素的活化。据1984年秋测定:棉花—绿肥轮作区土壤速效磷达8.16—11.1ppm,而棉花连茬区土壤速效磷为6.91ppm,麦子连茬区土壤速效磷只有2.90—5.81ppm。

三、结语

1. 在棉、粮轮作制中播种绿肥,实行棉、粮、绿肥

轮作制是改土培肥的一项重要措施。三年间每年翻压1500公斤左右的绿肥鲜草可使土壤有机质每年增加0.043—0.055%,年递增率在2.9—3.9%之间,而无绿肥的棉花—棉花(或麦)连作(或间作)土壤有机质呈下降趋势,每年减少0.022%,年递减率为1.9%。混播绿肥对土壤有机质的积累效果优于苜子单播处理。

绿肥的C/N比直接影响绿肥在土壤中的分解速度和腐殖化系数,C/N比越大则在土壤中的分解速度越慢,而腐殖化系数较高。

2. 种植绿肥可直接影响到土壤中腐殖酸的含量,改善土壤有机质的组分,增加土壤的吸收性能,有利于保肥保水,提高土壤的生产性能。种植绿肥还可以增加土壤的有效养分,活化土壤中的磷、钾等营养元素。

3. 种植绿肥的另一重要作用是能较大幅度地增加土壤中的微生物数量和提高土壤CO₂的释放量和酶的活性。分类群微生物总数比对照增加98—267%,生理群微生物增加15—45倍。CO₂释放量和脲酶、蛋白酶等与土壤有机质含量的相关性未达显著水平。

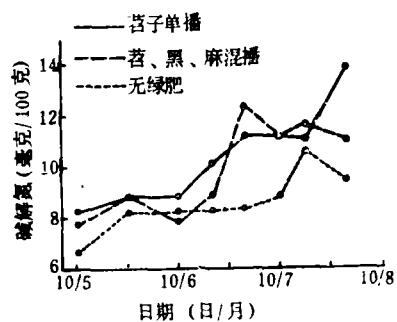


图4 土壤碱解氮变化曲线