

黄淮海平原盐渍土有机质消长规律的研究

严慧峻 刘继芳 张 锐 单秀枝 魏由庆

(中国农业科学院土壤肥料研究所,北京 100081)

许建新 高峻岭 马卫萍 殷光兰 安文钰

(中国农业科学院德州盐碱土改良试验站,德州 253000)

摘 要

7年微区试验表明,在黄淮海季风区内陆盐渍土一年两熟种植制度下,农田土壤有机质平衡含量约为1.50%。在相同的气候,土壤基础肥力,土壤质地条件下,采取不同措施,土壤有机质积累速率不同,到达土壤有机质平衡含量的时间不同。施用碳氮比大,木质素含量高的有机肥,土壤有机质积累快;施用同种有机肥,土壤有机质在达到平衡含量前,有机质的积累量与施肥量呈直线相关。为满足黄淮海平原农田稳产高产和盐渍土抑盐对土壤有机质含量的要求,采用秸秆直接还田,秸秆过腹还田或棉田种植冬牧草,发展畜牧业,增加优质粪肥施用量是提高盐渍土土壤有机质有效措施。

关键词 有机质 有机肥 盐渍土 黄淮海平原

水是盐渍土改良的重要物质,水盐动态和水盐平衡是盐渍土改良的理论依据之一^[2,4,10];有机质是改良盐渍土的重要物质,肥盐动态和肥盐平衡是盐渍土改良的又一重要理论依据^[5]。近年来,不少学者对肥盐关系进行了研究^[6~9,11]认为,盐碱土中的积盐和脱盐作用受多种因素影响,在改良过程中,仍会产生不同程度返盐现象。重要的是掌握土壤中水盐运动规律,加以调控,才能比较主动地改良盐碱土和防止土壤次生盐渍化;而有效地调控措施,就是培肥改土,加厚熟化土层。一些研究认为,通过培肥来控制表土水量的均衡,抑制返盐,促进脱盐;培肥同时可以增加土壤胶体吸收容量,增强抗碱化的缓冲能力,促进石灰性土壤中石灰的溶解^[8]。土壤有机质可以改变土壤水动力学性质,土壤有机质含量与土壤盐分呈幂函数关系^[11]。1987~1994年,我们根据肥盐平衡的原理,通过有机质消长规律的微区试验,进一步研究了不同培肥措施对盐渍土有机质平衡的影响,为黄淮海平原一年二熟农田稳产高产提供依据。

一、材料与方法

(一)试验条件

试验地位于山东陵县马颊河右侧槽状洼地,属暖温带气候。年平均降雨量600mm,雨量分布不均,大部分集中在7~8月份,年蒸发量为年降水量3~5倍。全年无霜期180~220天。试验采用微区方法进行。每个微区面积4m²(2m×2m),1米土体内四周封闭,下不封底,各处理0~20cm土层统一混匀后回填。试验在土体构型和潜水平埋深,矿化度一致的条件下进行。

(二) 试验设计

根据黄淮海北部平原盐渍土区的土壤肥力状况,施用的有机肥种类和数量以及不同土地利用方式,设计了4组试验。

表 1 微区0~20cm土壤理化性质

Table 1 Physical and Chemical properties of the soil of 0~20cm in microplots

处理 Treat.	有机质 O.M. (%)	全氮 Tot.N (%)	全磷 Tot.P (%)	碱解氮 Alk.hydro.N (mg/kg)	速效磷 Avai.P (mg/kg)	有效钾 Avai.K (mg/kg)	颗粒组成 Particle composition (%)			质地 Text ure
							粘粒 Clay <0.002mm	粉粒 Silt 0.02~0.002mm	细砂粒 Fine sand 0.2~0.02mm	
OM I	2.240	0.110	0.103	122.0	8.3	127.8	72	28	-	粘土
OM II	1.250	0.103	0.148	60.6	4.5	220.0	35	32	33	粘壤土
OM III	0.787	0.0395	0.163	39.6	7.8	78.0	16	21	63	粉砂壤土
OM IV	0.490	0.0234	0.143	26.6	2.5	78.0	14	22	64	粉砂壤土

1. 不同肥力土壤有机质消长规律 试验设4处理,无重复。即选择4种有机质含量不同的耕层土壤(表1),连续7年测定种植小麦—玉米一年两熟制中土壤有机质的含量变化,以了解在当地自然条件下主要农作制中不同肥力土壤有机质的消长规律。

每年秋季种麦前基施羊粪7.5t/hm²和P₂O₅120kg/hm²;全年施纯N450kg/hm²,小麦、玉米各半。耕作管理按当地习惯进行,微区产量实收。

2. 不同有机肥对土壤有机质积累影响试验 设4个处理:(1)麦秸7.5t/hm²;(2)牛粪7.75t/hm²;(3)猪粪7.77t/hm²;(4)羊粪7.90t/hm²,重复4次。供试土壤为粉砂壤土,有机质含量0.709%,全N0.0395%,全P0.163%,碱解N39.6mg/kg,速效P7.8mg/kg,有效K78mg/kg。4个处理均为等碳(3.375t/hm²),种植制度为小麦—玉米一年两熟。其它管理措施同大田,实收微区产量。

3. 有机肥用量对土壤有机质积累影响 设5个处理:(1)麦秸4.5t/hm²;(2)麦秸6t/hm²;(3)麦秸7.5t/hm²;(4)麦秸15t/hm²;(5)麦秸30t/hm²,4次重复。

(1)~(4)处理,将麦秸一次性在玉米小喇叭期盖田,秋季种麦时耕翻入土;第5处理麦秸分2次施用,分别在小麦拔节期和玉米小喇叭期盖田,施用量各一半,秋季种麦时一次耕翻入土。土壤条件和化肥施用量以及其他条件同试验2。

4. 不同种植利用方式对土壤有机质积累影响试验 设6个处理:(1)粮粮一年两熟,冬小麦—夏玉米(WC);(2)粮豆一年两熟,冬小麦—夏大豆(WS);(3)粮豆一年三熟,冬小麦—夏玉米+夏大豆(WCS);(4)草粮轮作,苜蓿—小麦,玉米(AWC);(5)自然植被,不施肥,不灌溉,不耕作,处于自然状态(NF);(6)裸地,地表无植被(BL)。重复4次,供试土壤同试验2,(1)~(4)处理施肥水平、田间管理和收产同试验1。

(三) 微区试验中的水盐平衡

微区土壤采用人工调控盐分,每年11月份冬灌时,进行一次盐分平衡。按中度盐渍土1米土体平均含量0.15%与实测土壤含盐量之差,补充混合盐(50%NaCl,25%MgSO₄,25%Na₂SO₄)。随水灌溉到土壤中去。在每次灌水前,测定1米土体土壤含水量,按田间持水量与实测含水量之差进行差额灌溉。

(四) 分析测定

每年秋收后和秋种前,取0—20cm土样,用丘林法测定土壤有机质含量。

二、结果与分析

(一)不同土壤肥力与土壤有机质消长关系

试验表明,在黄淮海温暖带半湿润季风气候区一年两熟农田,每年每公顷投入羊粪7.5t,N 450kg,P₂O₅120kg的条件下,有机质含量高的土壤(2.24%),不能维持原土壤有机质水平,并以较快的速率下降(图1)。试验期间前4年土壤有机质含量由2.24%减少至1.54%,但后4年基本稳定在1.50%水平上。

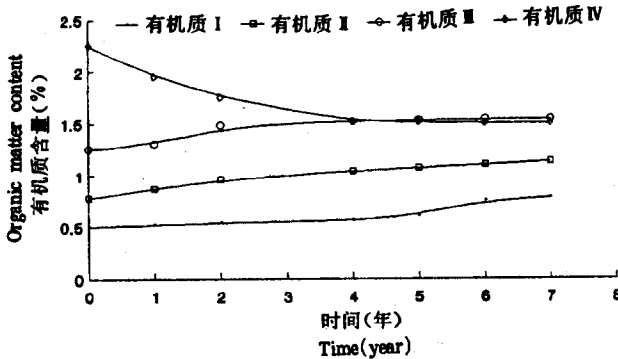


图1 有机质消长曲线

Fig.1 Change of organic matter content under different soil fertility conditions

有机质含量为1.25%的土壤,土壤有机质则呈上升趋势,7年土壤有机质含量由1.25%增加到1.55%,这两种土壤有机质含量(x)随时间(t,年)的变化符合Jenny积分式:

$$\text{有机质 I: } x = 1.50 + 0.756e^{-0.4t} \\ r = 0.997^{**}$$

$$\text{有机质 II: } x = 1.56 - 0.338e^{-0.55t} \\ r = -0.985^{**} \\ (n=2=5, r_{0.01} = 0.874)$$

而土壤有机质含量低于1%的2种土壤(0.787%和0.490%),其土壤有机质含量(x)随年份(t)变化呈直线回归关系:

$$\text{有机质 III: } x = 0.771 + 0.054t \quad r = 0.963^{**}$$

$$\text{有机质 IV: } x = 0.430 + 0.043t \quad r = 0.949^{**}$$

$$(n=2=5, r_{0.01} = 0.874)$$

说明黄淮海平原北部盐渍土地区,中等施肥水平条件下,随着种植年限的增加,对有机质含量较高的土壤,其有机质含量可维持在1.50%水平上。而对有机质含量低于1%的土壤,则需更多的投入才能使土壤有机质含量达到1.5%的平衡含量水平。

(二)不同有机肥与土壤有机质积累的关系

表2表明,土壤有机质的积累与投入的有机肥的种类有关。试验7年后,土壤有机质含量由试验前0.709%分别提高到麦秸区为1.14%,牛粪区1.11%,猪粪区1.09%,羊粪区1.05%。

对1993年有机质含量进行方差分析,其 $F(3, 12) = 1.33 (F_{0.05} = 3.49, F_{0.01} = 5.95)$,表明等碳等氮投入量(C 3.375t/hm², N900kg/hm²)的情况下,在试验年限内不同有机肥处理的土壤有机质含量尚未有显著差异,说明在等碳投入的情况下,不管施人秸秆肥或粪肥,都有利于有机质的累积,但处理间差异不显著。尽管如此,4个处理相比较,土壤有机质含量仍初步表现出一定差异,顺序为:麦秸区>牛粪区>猪粪区>羊粪区。这主要与有机肥C/N比有关^[1,3]。麦秸、牛粪、猪粪、羊粪的C含量分别为45%、43.49%、43.39%、42.67%,N含量分别为0.5%、1.63%、1.51%、2.33%,C/N值分别为90:1、29:1、27:1、18:1。麦秸区产量及年残留量高,同时麦秸C/N值及木质素含量均高于粪肥,腐殖化系数相应也高,所以有机质积累快。

表 2 不同种类有机肥对土壤有机质含量的影响

Table 2 Effects of manure quality on organic matter content of soil

处理 Treat.	7年平均产量 Avg. yield ----- kg/(plot.a) -----	平均土壤有机物年残留量 Avg. residue of plant	有机质含量 OM content (%)		
			1988	1991	1993
牛粪	5.93	3.60	0.858±0.012	0.939±0.114	1.11±0.036
猪粪	5.70	3.43	0.712±0.102	0.913±0.016	1.09±0.079
羊粪	5.78	3.41	0.789±0.108	0.930±0.062	1.01±0.168
麦秸	5.98	3.53	0.783±0.154	0.954±0.062	1.14±0.050

试验前基础土壤有机质含量为0.709%。 OM content 0.709% before experiment.

(三)有机肥用量与土壤有机质积累的关系

7年试验结果表明,盐渍土有机质含量提高的程度与施用有机肥的量有关,对表3中1993年土壤有机质含量进行方差分析,其总体检验 $F(4, 15)=44.273^{**}$ ($F_{0.01}(4, 15)=4.89$)达极显著。年施4.5~30t/hm²麦秸,土壤有机质含量随施用量增加而增加,并呈直线相关。以1993年有机质含量(Y)与每年施用量(X),进行回归计算:

$$Y = 0.983 + 0.013X \quad r = 0.9737^{**} \quad (n-2=3, r_{0.01} = 0.959)$$

年施4.5、6、7.5、15、30t/hm²麦秸,各处理每100公斤麦秸年提高土壤有机质速率不同,绝对值分别提高了0.0167、0.0138、0.0137、0.0084、0.0054个百分点。据研究,黄淮海地区满足一年两熟稳产高产的土壤有机质的含量需大于1%^[1],而盐渍土有机质含量大于1%即具有抑盐作用^[7,11]。用量试验结果表明,年施4.5、6、7.5、15、30t/hm²麦秸培肥,各区土壤有机质含量均可达到1%,但所需时间不同,分别为2、2~3、3、5、6年。7年平均粮食产量分别为15.46、16.11、17.16、19.56、19.08t/(hm²·a),以产量(Y,t/hm²)及施肥量(X,t/hm²)进行回归分析(图2),得一元二次方程为:

$$Y = 12.54 + 0.72X - 0.02X^2 \quad r = 0.9982^{**} \quad (n-2=3, r_{0.01} = 0.959)$$

以每公斤施肥量获得产量(Y',kg)与每公顷施肥量(X,t/hm²)进行回归分析(图3),得对数回归方程:

$$Y' = 79.73 - 21.34 \ln X \quad r = -0.9845^{**} \quad (n-2=3, r_{0.01} = -0.959)$$

表 3 有机肥施用量对土壤有机质含量的影响

Table 3 Effects of manure quantity on organic matter content of soil

麦秸用量 Wheat straw (t/hm ²)	7年平均产量 Avg. yield ----- kg/(plot.a) -----	平均土壤有机物年残留量 Avg. residue of plant	有机质含量 OM content (%)			新复极差测验
			1988	1991	1993	
4.5	6.19	3.73	0.730±0.076	0.894±0.074	1.01±0.029	de DE
6	6.44	3.87	0.730±0.031	0.925±0.092	1.04±0.055	d CD
7.5	6.86	3.92	0.749±0.055	0.954±0.062	1.12±0.048	c BC
15	7.82	4.68	0.835±0.065	1.120±0.083	1.21±0.019	b B
30	7.63	4.54	0.853±0.037	1.240±0.153	1.36±0.047	a A

试验前基础土壤有机质含量为同表2。 OM content same as table 2.

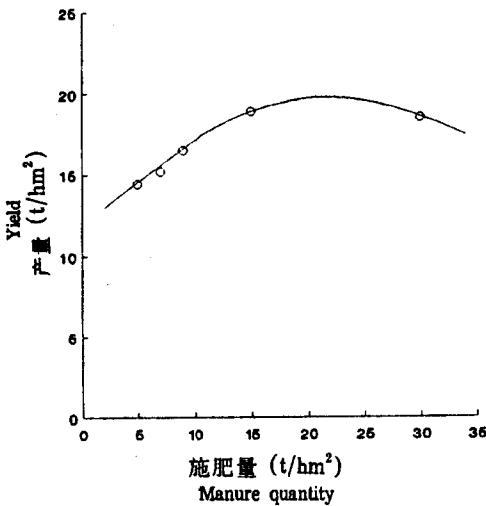


图2 施肥量与产量关系

Fig.2 Relation of manure quantity and yield

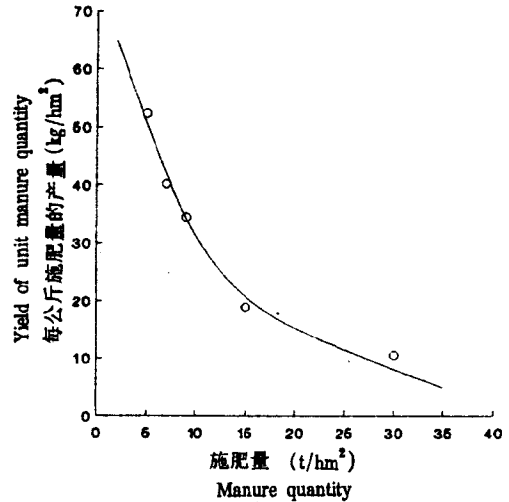


图3 施肥量与每公斤施肥量的产量关

Fig.3 Relation of manure quantity and yield of unit manure quantity

从图2和图3看出,施肥量4.5~15t范围内,产量和作物根茬土壤年残留量随有机肥施用量增加而增加,施肥量超过30t产量下降,说明有机肥施用量对产量的影响与化肥类似,不是越好,也存在最佳施用量。

(四)不同种植利用方式与土壤有机质积累的关系

不同种植利用方式,因对土壤的投入和产出不同,有机质的积累也不相同(表4)。培肥7年后,1993年各处理有机质含量各异,分别为自然植被区1.22%,草粮轮作区1.21%,小麦-玉米+大豆区1.07%,小麦-大豆区1.00%,小麦-玉米区0.99%,裸地0.715%。不耕作,无植被的裸地区,因无投入无产出,7年来土壤有机质含量几乎不变;自然植被区不施肥不种植为休闲状态,自然植被回归土壤,每年约10.5t/hm²,加之不耕作,微生物活动弱,有机质积累大于分解,有机质含量提高最快,7年提高0.52个百分点,年增长速率为0.074个百分点。草粮轮作区,前6年种植多年生牧草苜蓿,每年苜蓿地上部分作饲料,地下残留部分约10.5t/hm²,不耕作,1992年秋开始种植小麦,7年有机质含量提高0.51个百分点,与自然植被区相近。另外三个处理,小麦-玉米区,小麦-大豆区,小麦-玉米+大豆区,年施羊粪7.5t/hm²,每年根茬残留6.75~8.25t/hm²,每年生物产量27.0~37.5t/hm²,产出大于投入,同时由于耕作,促进土壤微生物活动,加速了土壤有机质的分解,三个处理有机质积累小于前两个处理,有机质年均分别增长了0.041、0.047、0.052个百分点。

对表4中1993年土壤有机质含量进行方差分析,总体检验 $F(5, 18) = 24.629^{**}$ ($F_{0.01}(5, 18) = 4.284$),新复极差测试结果见表4。

表 4 种植方式对土壤有机质的影响

Table 4 Effects of planting pattern on organic matter content of soil (%)

处理 Treatment	7年平均产量	平均土壤有机物年残留量	有机质含量			新复极差测验	
	Avg. yield	Avg. residue	OM content (%)				
	kg/(plot.a)		1988	1991	1993		
WC	5.87	2.93	0.831±0.096	0.904±0.057	0.990±0.041	cde	cDE
WS	4.52	2.76	0.795±0.083	0.896±0.037	1.00±0.053	cd	CD
WCS	6.42	3.34	0.822±0.031	0.916±0.029	1.07±0.062	c	ABC
AWX	6.2	4.58	0.787±0.072	1.15±0.149	1.21±0.051	ab	AB
NF	6.12	4.58	0.787±0.072	1.15±0.149	1.21±0.051	ab	AB
NF	4.2	3.28	0.824±0.033	1.18±0.057	1.22±0.087	a	A
BL	-	-	0.716±0.103	0.703±0.063	0.715±0.124	f	F

试验前基础土壤有机质含量同表2。 OM content same as table 2.

WC: wheat-corn; WS: wheat-soybean; WCS: wheat-corn + soybean;

AWC: alfalfa-wheat corn; NF: nature vegetation; BL: bare land.

三、讨 论

(一)盐渍土土壤有机质平衡问题与积累条件

在一定的气候、土壤、耕作制度、种植方式、施肥和灌溉等条件下,当土壤有机质合成和分解速度相等时,这时基本不再变化的土壤有机质含量称为土壤有机质平衡含量。用数学方法研究土壤有机质变化规律的Jenny提出^[12],土壤有机质的年变化量是由有机质的补充量和分解量决定的。将Jenny微分式积分后可得 $OM = OMe - (OMe - OMo)e^{-rt}$

式中OM为有机质含量,OMe为有机质积累平衡时的含量,OMo为试验初始有机质含量,r为有机质分解率,t为时间。用此式对不同措施下土壤有机质随时间的变化进行回归处理,得到土壤有机质平衡含量、平均年分解率和有机质年投入量(表5)。

表 5 不同培肥措施下土壤有机质的平衡含量、平均分解率和年增加量结果

Table 5 The results of equilibrium content, average decomposition rate and increment in conditions of different measures

处理 Treatment	有机质平衡含量 Organic matter equilibrium content (%)	有机质分解率 Decomposition rate (% , a ⁻¹)	有机质年增量 O.M. increment (%, a ⁻¹)	回归拟合系数 Correlation coefficient
牛粪 7.755t/hm ²	1.34	0.15	0.20	-0.963 **
猪粪 7.770t/hm ²	1.35	0.15	0.20	-0.954 **
羊粪 7.905t/hm ²	1.20	0.17	0.20	-0.975 **
麦秸 4.5t/hm ²	1.15	0.18	0.20	-0.981 **
麦秸 6t/hm ²	1.18	0.20	0.235	-0.979 **
麦秸 7.5t/hm ²	1.25	0.25	0.31	-0.977 **
麦秸 15t/hm ²	1.35	0.25	0.34	-0.995 **
麦秸 30t/hm ²	1.47	0.35	0.51	-0.991 **
OM I	1.50	0.60	0.89	0.997 **
OM II	1.56	0.55	0.86	-0.958 **
OM III	1.12	0.35	0.392	-0.998 **
草一粮	1.31	0.35	0.46	-0.981 **
自然植被	1.32	0.60	0.79	-0.978 **

根据上述结果,我们初步认为,在黄淮海平原一年两熟田,中等施肥水平条件下,农田土壤有机质平衡含量一般不超过1.50%。

有机肥种类影响土壤有机质的积累,施用等碳量的碳氮比大、木质素含量高的麦秸肥,土壤有机质积累比粪肥快;粮豆间套作、粮豆轮作的土壤有机质积累速率高于单一粮食轮作。

(二)盐渍土土壤有机质变化趋势的初步预测

根据1987~1993年的有机质实测值用Jenny积分式进行处理,并依此对以后土壤有机质含量的变化进行了初步预测。为检验近期预测的可靠性,我们把15个处理1994年的土壤有机质含量的预测值与实测值(表6)用方差分析进行比较,获得 $F(1,24)=0.023 < F_{0.01}(1,24)=7.884$,表明预测值与实测值间不存在明显差异,说明Jenny积分式对土壤有机质含量的初步预测有一定的参考价值。

(三)增加盐渍土土壤有机质的途径

实践证明,盐渍土壤增加有机质的途径主要有:一是秸秆直接还田,一年两熟粮田采用夏玉米一季免耕,铁茬播种,在7月中旬夏玉米小喇叭口期第一次追肥后,把碎麦秸铺在玉米行间土壤上。轻中度盐渍土每公顷覆盖4.5~7.5t麦秸,重度盐渍土每公顷覆盖7.5~10.5t。二是施用优质粪肥,利用秸秆青贮和开发棉花冬闲田种植牧草,发展畜牧业,提高和增加粪肥的质量和数量。三是粮豆间套作,玉米与大豆套间作。采用以上措施,3~5年盐渍土土壤有机质可望达到1.0%~1.2%,为作物提供良好的生态环境,为农业持续发展创造条件。

表 6 1994年不同培肥措施土壤有机质含量预测值与实测值的比较

Table 6 Soil organic matter content of prediction and determination for the conditions of different measure in 1994

处理 Treatment	有机质含量(%) Organic matter content (%)	
	实测值 Determination value	预测值 Prediction value
牛粪 7.755t/hm ²	1.13	1.15
猪粪 7.770t/hm ²	1.12	1.12
羊粪 7.905t/hm ²	1.05	1.05
麦秸 4.5t/hm ²	1.01	1.02
麦秸 6t/hm ²	1.03	1.06
麦秸 7.5t/hm ²	1.15	1.15
麦秸 15t/hm ²	1.30	1.24
麦秸 30t/hm ²	1.53	1.40
OM I	1.51	1.51
OM II	1.55	1.55
OM III	1.12	1.09
OM IV	1.26	1.26
草—粮	1.29	1.31
自然植被		

参 考 文 献

- 1 王维敏,1988: 黄淮海平原农田土壤有机质平衡的研究. 中国农业科学,21(1):19~23.
- 2 王遵亲,1993: 中国盐渍土. 科学出版社,347~390.
- 3 中国科学院南京土壤研究所,1978: 中国土壤. 科学出版社,309~309.
- 4 石元春,1986: 盐渍土的水盐运动. 北京农业大学出版社,9~21.
- 5 陈恩凤,1985: 以水肥为中心的综合措施是改良盐碱土的有效途径. 国际盐渍土改良学术讨论会文集,259~265.
- 6 陈恩凤,王汝儒,1984: 有机质改良盐碱土的作用. 土壤通报,5:193~196.
- 7 严慧峻,1994: 洼涝盐渍土"淡化肥沃层"的培育与功能的研究. 土壤学报,31(4):413~421.
- 8 赵守仁,1985: 江苏省盐碱土的培肥改良. 国际盐碱土改良学术讨论会论文集,400~407.
- 9 谢承陶,1993: 盐渍土改良原理与作物抗性. 中国农业科技出版社,26~30.
- 10 魏由庆,1989: 黄淮海平原土壤潜在盐渍化预报分区方法,中国盐渍土分类分级文集. 江苏出版社. 152~158.
- 11 魏由庆,1994: 培肥工程在盐渍土水盐调控中的地位与作用. 农业工程学报,10(增):102~108.
- 12 井子昭夫,1983: 应用数学方法研究土壤有机质的分解与积累. 土壤学进展,11(6): 34~43.

STUDY ON THE REGULAR INCREASE AND DECLINE OF ORGANIC MATTER IN SALT-AFFECTED SOILS OF HUANGHUAHAI PLAIN

Yan Huijun Liu Jifang Zhang Rui Shan Xiuzhi Wei Youqing

(Soils and Fertilizers Institute, CAAS, Beijing, 100081)

Xu Jianxin Gao Junling Ma Weping Yin Guanglan An Wenyu

(Dezhou Experimental Station of Salt-affected Soil Improvement, CAAS, 253000)

Summary

A 7-year miniplot experiment showed that under a cropping system with two harvests in one year and on salt-affected in land soils, the equilibrium content of their organic matter was about 1.5% in the monsoon climatic region of Huang-huaihai Plain. But the length of time, within which soil organic matter content reached equilibrium, and the rate of accumulation of soil organic matter were different owing to different measures adopted in the same conditions of climate, basal soil fertility and soil texture. The soil organic matter accumulated more rapidly with higher C/N ratio organic manures which contained more lignin. Before its attending to the equilibrium the soil organic matter was linearly correlated with the quantity of organic manures applied. Therefor, in order to meet the requirements of high-stable crop yield in Huang-huaihai Plain and to control the salt accumulation in the soil surface, the efficient measures for rapid increase in the organic matter are to incorporate crop straw into the soil, to apply dung-manure or plant winter -grazing crops in the cotton fields to develop the animal husbandry and to increase the amount of good quality manure.

Key words Organic matter Organic manures Salt-affected soil
Huanghuaihai plain.