

土壤有机质在节水农业中的作用

谢承陶 李志杰 田昌玉

(中国农科院土壤肥料研究所·北京·100081)

摘 要 根据在山东禹城试验区多年培肥节水试验证明,土壤有机质具有改善土壤物理性质、增加土壤水分库容、抑制土壤水分蒸发、增加降水入渗、拓宽土壤有效水含量、提高土壤保水供水性能的作用;土壤有机质由 7.2g/kg 增加到 13.2g/kg 以上时,土壤水分利用率由 1.08~1.68kg/mm 提高到 1.56~3.11kg/mm,节水 30% 左右。通过增加土壤有机质可将土壤含水率的灌水下限指标由以往田间持水量的 60%~80% 降低到 55% 左右,仍可获得高产,土壤有机质在节水农业中起着重要作用。

关键词 有机质 水分利用率 节水农业

The Function of Soil Organic Matter on Economical Water Supply in Agriculture

Xie Chengtao Li Zhijie Tian Changyu

(Soil and Fertilizer Institute of Chinese Academy of Sciences. Beijing. 100081)

Abstract According to many year's study on fertilizing soil and economizng water in Yucheng agriculture experiment region of Shandong province, the function of soil organic matter are: (1) improving physical quality of soil, (2) increasing soil water capacity, (3) restructig evaporation of rain, (4) increasing soil permeation of rain, (5) extending content of effective soil moisture, (6) increasing soil quality of preserving moisture and fertility. As soil organic matter is increased from 7.2g/kg to moer than 13.2g/kg, the rate of soil moisture using increase from 1.08~1.68kg/mm to 1.56~3.11kg/mm. Saving rate of soil moisture is about 30%. By means of improving soil organic matter, the target of relative field moisture content, at which soil must be irrigated and crops grow up well, can be decreased from 60%~80% to about 55%. As said above, soil organic matter have a important function on saving water using in agriculture production.

Key words organic matter rate of water using saving water agriculture

土壤水分是土壤的重要组成物质,是构成土壤肥力的一个重要因素,“土是本、水是命”,充分说明水在农业生产中的重要性。而当今淡水资源的紧缺是世人所关注的问题之一。我国水资源人均占有量只有世界的 1/4^[1],且时空分配极不均衡,占全国平原总面积 1/3 的黄淮海平原不足全国

1hm²平均水量的1/5^[2],干旱缺水问题严重困扰我国北方农业的稳定和增长,限制了农业生产潜力的充分发挥,目前的情况是一方面缺水,一方面水资源又存在着浪费,灌溉水利用率不足40%^[3],因此,提高水分利用率,使传统农业向节水型农业发展是农业持续发展的关键问题之一。本文通过有机质对提高土壤水分利用率的作用与效果研究,试图为节水农业的水分调节和非充分灌溉的实施提供科学依据。

1 试验设计与研究方法

1.1 试验设计

试验采用田间试验与模拟试验相结合的方法。其中田间试验主要进行有机肥不同施用量条件下对土壤物理性质和水分特征的影响,不同肥力条件下、不同灌水次数与水分动态的关系,研究肥水相关机理。模拟试验作为辅助试验,目的在于探讨有机质含量对土壤蒸发、降雨入渗及地下水补给蒸散的影响。

1.1.1 田间试验 试验在山东禹城试验区进行,小区面积12m²,共48个小区,每小区四周上部45cm用砖砌,水泥抹面,,45cm以下用一层塑料布加一层油毡隔开。试验土壤为轻盐渍化潮土,耕层容重1.32g/cm³,有机质6.7g/kg,全盐1.2~1.8g/kg。试验处理设在化肥常规施用量相同的基上,增施牛廐肥75t/hm²和37.5t/hm²,种小麦时做基肥一次施入,麦秸夏季覆盖秋季还田,用量为6t/hm²。经过多年试验已形成不同有机质含量的试验土壤,分别为:(1)7.2g/kg,(2)10.8g/kg,(3)13.2g/kg,(4)15.8g/kg。各处理均以地表下15cm处土壤含水量分别为180g/kg,140g/kg,100g/kg和不灌四个水平作为灌水下限指标,共16个处理,三次重复。

1.1.2 模拟试验 试验场地120m²,场地内设有土壤水盐动态模拟室和降水、水面蒸发、空气湿度、气温等气象要素观测仪。模拟室内装有44套自动供水式水力蒸发器,分别装有44个轻壤土柱,直径618mm,控制5种地下水埋深分别为:1.0,1.5,2.0,2.5和3.0m,肥料施用与田间试验相同。

2 结果与讨论

2.1 有机质对土壤物理性质的改善

土壤物理性质影响着土壤水分和空气对作物的供应及养分调节与根系伸展。土壤物理测定

表1 不同有机质含量的土壤物理性质

有机质 (g/kg)	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	非毛管孔隙度 (%)	容重 (g/cm ³)	烘干土体收缩率 (%)
15.8	57.7	35.5	21.2	1.12	7.61
13.2	53.3	34.5	18.8	1.21	8.03
10.8	51.7	33.2	18.5	1.27	9.05
7.2	50.6	31.7	18.9	1.31	10.40

结果表明,有机培肥后土壤有机质含量增加,从而明显地改善了土壤物理性质,若以有机质含量为7.2g/kg相比,当有机质含量达到13.2g/kg以上时,土壤总孔隙度值增加2.7%~7.1%,容重降低0.10~0.19g/cm³,烘干土体收缩率减小2.3%~2.8%(表1)。土壤物理性质的改善必然对土壤水分状况与运动产生影响。

2.2 肥、水相关分析

土壤有效水范围的大小反映了土壤向作物提供水分能量的高低,其主要受土壤结构与质地

的影响。测定结果表明,由于施用有机肥改善了土壤物理性质,进而影响了土壤水分的有效性,从表2中可看出,土壤有机质含量的提高使饱和含水量和田间持水量增加,因此,有效水含量值提高17~28g/kg,提高率为8.5%~14%,有效水范围的扩大,提高了土壤的供水能力。

表2 不同有机质含量的土壤水分常数与有效水范围

有机质 (g/kg)	饱和含水量 (g/kg)	田间持水量 (g/kg)	凋萎含水量 (g/kg)	有效水范围 (g/kg)	有效水提高 (%)
15.8	369	296	64	228	14
13.2	346	284	62	222	11
10.8	338	280	63	217	8.5
7.2	331	266	66	206	0

我们将土壤有机质含量(y)分别与有效水(w_g)和田间持水量(w_t)做相关分析,得下式:

$$w_g = 94.06 + 10.80y \quad r = 0.723^*$$

$$w_t = 158.6 + 10.54y \quad r = 0.674^*$$

表明有效水和田间持水量随着有机质含量的增加而提高。

2.3 提高土壤持水性能

土壤水分特征曲线反映着土壤水的能量指标。从测定的土壤水分特征曲线(图1)看出,在同一压力时,有机质含量高的土壤含水率较高,表明土壤存储水量较多;而在同一含水率情况下,有机质含量高的土壤吸力值较大,表明土壤保持水分能力增强;100kPa的低吸力段内,肥力高的土壤曲线斜率较缓,而在高吸力段高肥力土壤的曲线斜率又较陡,说明其孔隙分布较均一,孔径也小,能保持较多的水分^[4]。

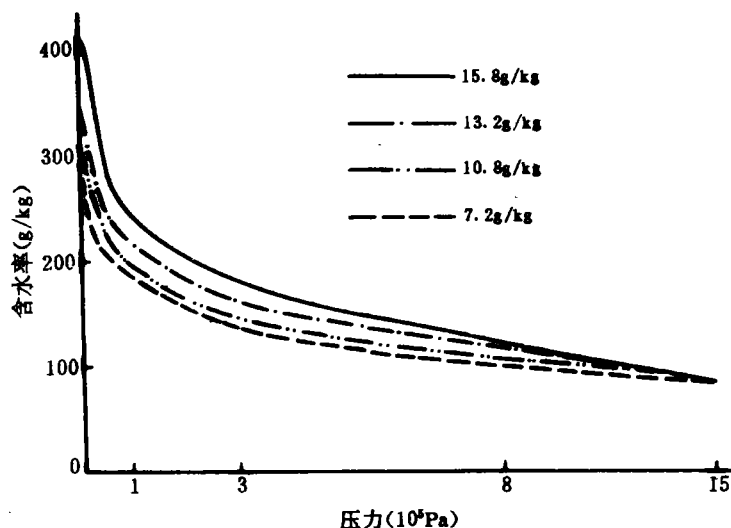


图1 不同有机质含量的土壤水分特征曲线

2.4 降低土壤—植物—大气间的水势梯度

作物吸水的强弱主要取决于土壤—植物—大气系统中的水势梯度,其中主要是土壤—植物间的水势差,用小液流法测定小麦根、茎、叶的细胞液浓度及渗透势,同时测定土壤水势,结果表

明,土壤有机质含量增加降低了土壤—植物间的水势梯度,因此,对 SPAC 系统中的水势分布产生明显的影响(图2),有机质含量高的处理水势分布曲线平缓,说明植物叶组织吸水速率和叶片蒸腾速率减小,减缓了该系统的水势梯度而使蒸腾强度减弱,降低了土壤水分的消耗。

2.5 对农田水分的调节

由于有机质的增加改善了土壤物理性质,使土壤疏松多孔,切断与下面土体的毛管联系,从而减少下层土体的水分蒸发。图3说明:在土壤水分蒸发过程中,土壤15cm 处水分吸力总的趋势是有机质含量高的大于有机质含量低者,土壤有机质的增加,减缓了土壤水分的消耗。模拟试验结果证明:有机肥处理土柱比对照土柱在潜水平深1.5~2.5m 时可减少土壤水分蒸发32%~51%,相应地增加了土壤水库的蓄水量。

2.6 土壤水分利用率提高

由于禹城实验区地处半干旱季风气候区,降雨集中在6~9月,约占全年的70%,一般年份为420mm 左右,玉米生育期内基本上不用灌水,各处理间用水量无多大差异。现对

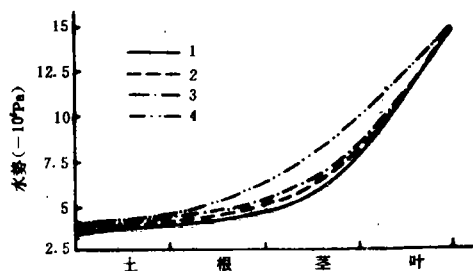


图2 小麦 SPAC 系统示意图

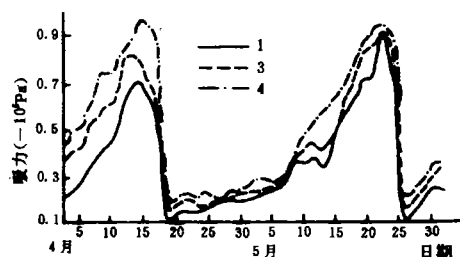


图3 土壤水吸力过程线

表3 冬小麦水分利用分析*

灌水下限 (g/kg)	有机质 (g/kg)	产量 (kg/hm ²)	用水量 (mm/hm ²)	作物水分利用率 (kg/mm)	单位产量耗水率 (mm/kg)	节水率 (%)
180	15.8	6825	7035	0.97	1.03	23
	13.2	6765	7410	0.92	1.09	19
	10.8	6390	7785	0.84	1.19	11
	7.2	5970	8160	0.73	1.34	0
140	15.8	6795	5910	1.15	0.87	28
	13.2	6645	6285	1.06	0.94	22
	10.8	6180	6660	0.93	1.08	11
	7.2	5865	7035	0.83	1.21	0
100	15.8	6570	4785	1.37	0.73	33
	13.2	6210	5160	1.20	0.83	24
	10.8	5880	5535	1.06	0.94	14
	7.2	5430	5910	0.92	1.09	0

注:生育期内降雨66mm,地下水利用量178mm,产量与用水量为同处理平均值。

小麦的用水进行分析,说明有机培肥对提高土壤水分利用率的作用。从表3中看出,与土壤有机质含量为7.2g/kg的小区相比,有机质含量为15.8g/kg 的作物水分利用率提高0.24~0.45kg/mm,节水23%~33%;有机质含量为13.2g/kg 的作物水分利用率提高0.19~0.28kg/mm,节水19%~24%,而且,灌水下限愈低,水分利用率和节水率愈高。

我们将产量 (Y) 与有机质含量 (M) 和用水量 (W) 作相关分析。

$$Y = 3818.32 + 144.31M + 0.20W \quad F = 88.69^{**}$$

表明在一定的产量与肥水用量范围内,若增加 M 降低 W 值,可使产量不减少,肥水互补效应显著。

2.7 有机质与土壤灌水下限指标

对大多数旱作作物,以往的经验一般在主要根系活动层(0~40cm)的土壤含水量,以保持在田间持水量的60%~80%为宜^[6],含水量低于下限时要进行灌水。根据我们在禹城的试验结果和国内外有关资料,我们认为,作物对水分的要求有一定的幅度,土壤有机质含量达到1.3%以上的灌水下限值可降低到田间持水量的55%不会影响作物正常生长,图5表明,土壤含水率下限值为田间持水量的55%左右,其小麦产量分别为:施厩肥75t/hm²,6480kg/hm²;厩肥37.5t/hm²,5625kg/hm²;单施化肥,4125kg/hm²,因此,通过培肥地力可压低灌水下限指标,实现节水。

参考文献

- 1 翟章. 干旱区气候与环境. 干旱气象文集, 1989
- 2 贾大林等. 黄淮海平原治理与农业开发. 中国农业科技出版社, 1989, 46
- 3 王树森. 土壤水分动态模拟与调控. 作物与水分关系研究, 中国科学技术出版社, 1992
- 4 朱祖祥主编. 土壤学. 农业出版社, 1982, 115
- 5 黎庆淮主编. 土壤与农作. 水利电力出版社, 1979, 46~47
- 6 施成熙, 栗宗嵩主编. 农业水文学. 农业出版社, 1984 280