

干旱地区土壤养分调查及土壤改良机械研究

范虎军^{1,2}, 牛淑卿^{1*}, 唐春梅¹, 田树飞¹, 屈振华¹

(1. 河北北方学院, 河北张家口 075000; 2. 永城职业学院, 河南永城 476600)

摘要 针对北方干旱坡地雨水存储差、养分贫瘠、耕层浅、作物易倒伏等问题, 通过分析国内外土壤改良方法, 以河北省干旱半干旱地区为代表, 对其典型地块的土壤养分进行丰缺状况调查, 提出了机械化土壤改良技术并确定了技术路线, 同时设计了悬挂式土壤改良机械。

关键词 干旱地区; 抗倒伏; 机械化; 土壤改良

中图分类号 S156 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)34-0098-04

Survey of Soil Nutrient in Droughts and Research on Mechanized Soil Improvement

FAN Hu-jun^{1,2}, NIU Shu-qing¹, TANG Chun-mei¹ et al (1. Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000; 2. Yongcheng Vocational College, Yongcheng, Henan 476600)

Abstract Aiming at the problems of poor rainwater storage, poor nutrients, shallow cropping, and easy lodging of crops on arid sloping areas in the north, this paper analyzed soil improvement methods at home and abroad, and made a careful investigation and study on the abundance and deficiency situation about the soil nutrients of typical plots, taking the arid and semi-arid regions of Hebei Province as a representative. At the same time, the mechanized soil improvement technology was proposed, the technical road-map was established and a suspended soil improvement machine was designed.

Key words Drought area; Lodging-resistance capability; Mechanization; Soil improvement

截至2015年末, 全国耕地13 499.87万 hm^2 ^[1], 干旱半干旱地区的土地面积占全国土地面积的52.5%。解决干旱半干旱地区土壤保墒保肥问题已经迫在眉睫, 通过土壤养分及含水量的调查发现, 我国北方地区干旱及养分流失更为严重, 以河北省北部干旱较严重的地区为例, 这些地区属于温带半干旱大陆性季风气候, 年均降水量在364.6~383.5 mm, 土壤类型主要为栗褐土, 降水量较少, 降水量的年际变化较大, 均属于干旱半干旱类型耕地, 粮食作物主要有玉米、马铃薯、谷子、黍子等。如何保留雨雪, 避免土壤养分流失, 有效实现保墒保肥, 保护生态环境, 促进农业增产、农民增收成为研究热点。

1 国内外土壤改良技术的研究进展

国内外学者针对土壤改良技术进行了诸多研究, 主要包括土壤结构改良、盐碱地改良、酸化土壤改良、土壤科学耕作和土壤污染治理等。

1.1 土壤结构改良 土壤结构改良是通过施用土壤改良剂改善土壤结构, 提高土壤肥力。施用有机肥可增加土壤有机质, 改善土壤结构, 促进土壤蓄水保墒等, 有利于作物产量和水分利用率的提高^[2-3]。施加土壤改良剂可以促使分散的土壤颗粒团聚, 形成团粒, 增加土壤中水稳性团粒的含量和稳定性, 显著提高团聚体的质量, 降低土壤容重, 增大土壤总孔隙度, 改善通气透水性, 促进植物对水分和养分的吸收^[4]。天然土壤改良剂沸石施入土壤后可提高耕层土壤的含水量1%~2%, 在干旱条件下使耕层土壤田间持水量增加5%~15%^[5], also具有很强的吸附能力和很高的阳离子交换量, 可

促进土壤中养分的释放, 提高土壤保肥能力和增加土壤肥力^[6]。

1.2 盐碱地改良 闫少锋等^[7]通过竖井抽排水试验, 探讨了天然降水条件下地下水水位动态及土壤脱盐规律, 结果表明, 竖井排水的区域土壤盐分含量呈下降趋势, 下降幅度为52%, 未设竖井排水的区域土壤表层出现返盐现象, 土壤盐分含量上升41%。刘长江等^[8]通过田间示范试验, 研究了不同深松深度对苏打盐碱化田土壤理化性状及作物产量的影响, 结果表明, 通过深松, 苏打盐碱土含盐量和pH有所降低, 土壤环境明显改善, 同时深松能够促进作物根系发育, 提高产量。

1.3 物理覆盖 用作物秸秆或塑料地膜进行地表覆盖是旱作农业中一种常用的保墒耕作方式。地面覆盖可有效降低土体的无效蒸发, 秸秆覆盖能够增加对降雨的拦蓄, 促进水分就地入渗, 地膜覆盖能够促进下层水分向上移动, 提高土壤水分的利用率。秸秆覆盖可稳定土壤温度, 使土壤微生物数量及活性提高^[9-12]。Tebrugge等^[13]在西班牙进行的试验表明, 秸秆覆盖后0~30 cm土层含水率比常规耕作提高了1%~5%。鲁向晖等^[14]在宁南山区进行研究, 结果表明, 与不覆盖处理相比, 秸秆覆盖可使春玉米产量和水分利用效率分别提高了3.5%和16.5%。

1.4 土壤科学耕作 机械深耕深松能有效解决土壤的板结。刘万锋^[15]对盐池县滩灌区盐渍化土壤3年间利用全方位深松机分别对30、40 cm土层进行2次不同深度的定位深松试验, 结果表明, 土壤平均容重由1.53 g/cm^3 下降至1.48 g/cm^3 , 0~30 cm土层土壤含盐量由0.80%下降至0.55%, 认为机械深松是盐渍化土壤改良的一项重要措施。美国Aer Way公司生产的AWMP-100-AG-4型草地打孔机, 通过打孔齿轮形成不连续深度可达20 cm的矩形孔, 可以断裂压实的韧土, 实现了增加空气和水分运动、提高肥料

基金项目 河北省科技计划项目“干旱地区土壤改良保墒机械化关键技术的研究与示范”(16227503D)。

作者简介 范虎军(1986—), 男, 陕西合阳人, 讲师, 在读硕士, 从事农业机械化研究。*通讯作者, 教授, 从事农业机械化研究。

收稿日期 2018-07-02

利用率的目的^[16]。于涛^[17]研究表明,应用机械深松深耕技术可提高小麦单产平均可达 8 250 kg/hm² 左右,较传统地块平均增产 1 200 kg/hm² 左右。适用于南方的粉垄耕作栽培制度,粉垄机螺旋钻头将土壤垂直旋磨粉碎,深入激活耕层以下土壤达 30~60 cm(最深可达 80 cm),不改变土壤主体层次,让土壤团颗粒细小而自然悬浮成垄,使土壤养分增加、保水透气性好,实现作物大幅度增产、增效^[18]。立式旋耕机较传统的卧式旋耕机作业深度大,碎土能力强,没有漏耕,耕后地表平整^[19]。然而深耕深松、粉垄、立式旋耕等都是重负荷作业,需要大中型拖拉机与配套的农具进行。

截至目前,国内外土壤改良方法多种多样,但机械化深坑土壤改良技术鲜见报道。

2 北方干旱地区土壤养分状况

2.1 土壤样品采集

2.1.1 采样时间。2017 年 4 月 16 日。

2.1.2 采集地点。调查地点为河北省怀安县太平庄乡、阳原县大田洼乡。其土壤为北方典型的干旱半干旱贫瘠类型。河北省怀安县太平庄乡属高寒山区与丘陵区,耕地 2 323 hm²,旱地 2 306 hm²,旱地占比 99.3%。阳原县大田洼乡耕地 1 043 hm²,旱地面积 705 hm²,旱地占比 67.6%。

2.1.3 采样方法。按照土壤样品采集技术规范,以怀安县太平庄乡的 2 块地、阳原县大田洼乡的 2 块地共 4 块地为试验地块,分别在每块地的 15 和 30 cm 深度层面上随机抽取 5 个位置,在每个位置上选择 3 个不同点,然后将 15 个点得到的土壤按相同的重量混合在一起,获得该地块相应深度层面的

混合土壤样本,重量以 1 kg 为宜,相同样本采集 3 个,每块地 2 个深度得到混合土壤样本 6 个,4 块地共得到 24 个混合土壤样本。

2.2 测定指标与方法 土壤湿度采用烘干法测定;土壤采用电位法测定;有机质采用重铬酸钾稀释放热法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾采用 NH₄Ac 浸提-火焰光度计法测定^[20]。

2.3 数据处理 利用 Excel 2010 对试验数据进行处理,对每个地块各深度层面处的 3 个土壤样本的有效试验数据取平均值,用 Origin2007 进行分析和图标的制作。

2.4 土壤养分状况 由表 1~3 可知,该地区属于瘠薄型的干旱坡地土壤。调查分析的 4 块坡地土壤的有机质含量为 8.00~18.03 g/kg,处于中等偏低状态,且每个地块有机质含量均呈随着土层深度增加而降低的趋势,这是由于该地区是一年一季种植,土壤耕层浅。碱解氮含量为 27.44~81.20 mg/kg,不同地块碱解氮含量差别较大,平均处于缺乏至中等水平。速效钾含量为 72.78~99.50 mg/kg,平均含量处于中等水平,速效钾含量随着土壤深度增加而降低。速效磷含量在 0.64~3.95 mg/kg,属于甚缺乏。土壤 pH 为 8.05~8.16,深度对于 pH 影响不大,均属于微碱性土壤。15 cm 深度处土壤湿度在 8.98~18.82 g/kg,30 cm 深度处土壤湿度在 25.27~32.59 g/kg,墒情类型均为重旱的干土,即这些地区为干旱半干旱贫瘠地区,河北省北部地区基本属于同类型土壤。

表 1 试验地块土壤湿度、pH、养分含量

Table 1 Soil moisture, pH and nutrients contents of test plots

土壤样本 The soil sample	湿度 Humidity g/kg	有机质 Organic matter g/kg	pH	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen//mg/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
A15	18.82	9.71	8.13	47.85	3.85	81.71
A30	30.72	8.00	8.16	27.44	2.31	74.52
B15	11.81	12.79	8.13	54.37	3.95	77.90
B30	25.27	12.27	8.11	59.16	3.33	72.78
C15	8.98	18.03	8.06	81.20	1.92	99.50
C30	32.59	12.21	8.05	63.57	0.64	87.15
D15	12.49	12.12	8.06	55.10	2.07	79.17
D30	30.08	10.28	8.06	58.00	3.56	78.44

注:土壤样本编号采用大写字母+两位数字。大写字母表示地块类型:A 为阳原县东坡地,B 为阳原县西坡地,C 为怀安县第一块地,D 为怀安县第二块地。2 位数字表示样本采集深度

Note: Soil sample number used a capital letter + two digits. Capital letters represented plot types: A. Yangyuan County east slope, B. Yangyuan County west slope, C. Huaian first plot of land, D. Huaian second plot of land. The two figures showed the sampling depth (cm)

表 2 土壤养分分级指标^[20]

Table 2 Classification indexes of soil nutrient

分级 Classification	有机质 Organic matter g/kg	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen mg/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
甚缺乏 Very lack	<5	<30	<5	<50
缺乏 Lack	5~<15	30~<60	5~<10	50~<80
中等 Medium	15~<30	60~<90	10~<20	80~<150
丰富 Rich	30~50	90~120	20~30	150~200
甚丰富 Very rich	>50	>120	>30	>200

表 3 土壤墒情分级

Table 3 Soil moisture classification

干旱程度 Degree of drought	墒情类型 Moisture content type	土色 Pale	含水量 Water content g/kg
偏湿 Partial wet	黑墒	深暗,发黑	湿:含水量>200
适宜 Suitable	褐墒	稍发暗,土色黑黄	湿润:含水量为 150~200
轻旱 Light drought	黄墒	土黄色	潮湿:含水量约为 120~<150
中旱 Middle drought	灰墒	淡灰黄色	半干燥状态:含水量为 50~<120
重旱 Heavy drought	干土	灰白色	干燥:含水量<50

3 土壤改良机械设计

3.1 干旱半干旱地区机械化改良保墒技术农艺参数的确定 根据试验研究,坑深度在 15 cm,深坑间距为 60 cm×60 cm,土壤保墒能力最强^[21]。河北省大多数地区均使用旋耕机耕作,耕作深度为 15 cm 左右,长期使用旋耕机容易导致 15 cm 以下土壤板结,降低作物的抗倒伏性,根据抗倒伏试验,耕作深度在 30 cm 左右时,可以提高作物的抗倒伏性,且可以提高农作物产量,这种旋耕机无法达到要求,仅铧式犁或者分组立式耕耙犁可以满足要求,但这种耕作机械的动力需要大大增加,同时也降低土壤的保墒能力,因此提出了机械化土壤改良保墒的工艺参数,即在每年 10 月,当农作物均收获完毕后,利用悬挂式土壤改良机在干旱地区钻成间距 60 cm×60 cm、深度 30 cm 左右、孔直径 10 cm 的阵列分布(图 1)。

3.2 悬挂式土壤改良机设计思路 为有效避免气动助力土壤钻孔机^[20]劳动条件差、单钻头效率、精度低等问题,根据农艺参数设计了悬挂式土壤改良机,结构见图 2。主要由机

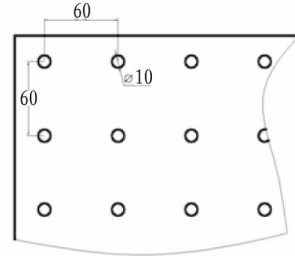
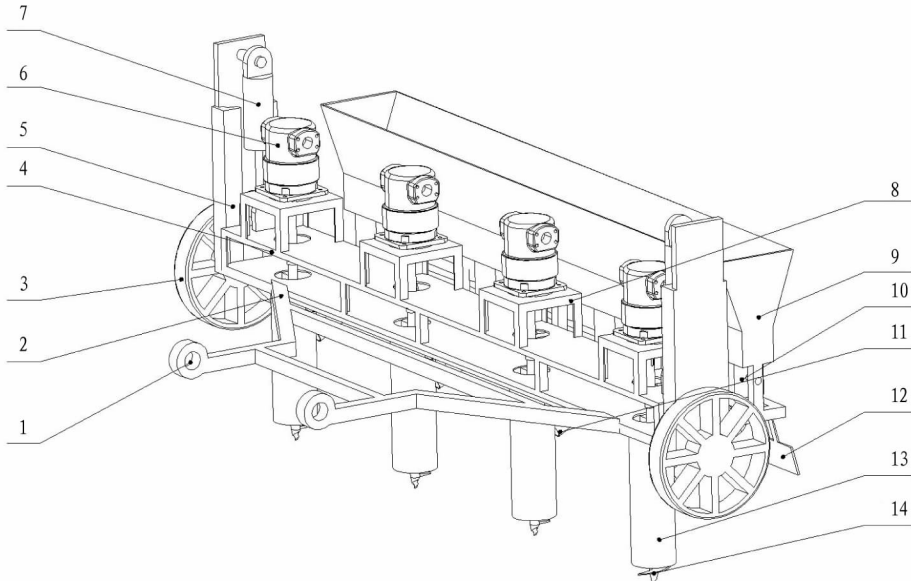


图 1 农艺参数

Fig.1 Agronomic parameters

架、行走轮、液压马达、升降架、钻坑部件、定量施肥装置、覆土板、位置传感控制装置等部分组成。牵引点与拖拉机连接。液压马达、钻坑部件安装在升降架上,其通过机架导滑槽、限位块、液压缸与机架连接。螺旋钻罩后方设有半圆形的定向出口。螺旋钻头部设有快换钻头。升降架后方设有肥箱,肥箱下部装有步进电机控制的排肥机构,排肥机构下方的弯型排肥管正好位于螺旋钻罩后方,机架最后面安装有 4 个覆土板。



注:1.牵引点,2.机架,3.行走轮,4.钻坑部件升降架,5.机架导滑槽,6.液压马达,7.升降液压缸,8.液压马达支架,9.肥箱,10.排肥机构,11.弯型排肥管,12.覆土板,13.螺旋钻罩,14.螺旋钻

Note: 1. Traction point, 2. Frame, 3. Walking wheel, 4. Drill hole component lifting frame, 5. Frame guide chute, 6. Hydraulic motor, 7. Lift hydraulic cylinder, 8. Hydraulic motor support, 9. Manure box, 10. Fertilizer discharging mechanism, 11. Curved fertilizer discharge pipe, 12. Covering plate, 13. Auger casing, 14. Spiral drill

图 2 悬挂式土壤改良机结构

Fig.2 Structure of suspended soil improver

3.3 悬挂式土壤改良机工作原理 土壤改良机的运动流程见图 3。由 22.05 kW (30PS) 拖拉机(张家口地区应用较广)提供动力,动力由液压油泵传输至液压马达和液压缸。液压马达带动钻头旋转,同时液压缸驱动升降架及钻坑部件垂直下行 20~25 cm 以形成深坑。螺旋钻罩的出口定向排出钻土,坑深由位置传感器控制。深坑形成后液压缸驱动钻坑部件回程,待螺旋钻回到指定位置时,排肥机构中的步进电机精确转动实现定量出肥,肥料依靠重力和弯型排肥管独特的结构精准落入深坑,土壤改良机移动至下一工位的过程中覆

土板带动少量薄土实现覆盖,完成深坑定量施肥。

4 结论

解决干旱半干旱地区土壤保水保肥问题是农业生产中的关键技术,目前世界各国均积极尝试各种有效技术,但由于各国各地的土壤条件不同,难以形成有效的、比较统一的干旱地区土壤保水保肥技术,机械化土壤改良保墒技术适合于北方干旱半干旱地区,这项技术一是能有效解决干旱地区的储水保肥,降低了雨水冲刷造成的水分养分流失;二是不翻动大部分土层,减少了其他耕作机械对土壤耕层的破坏、

水分的挥发和有机质的分解;三是兼具深松的特点,深坑打破了犁底层,增加了土壤耕层深度,改善土壤结构,减少土壤板结,增强农作物的抗倒伏性。悬挂式土壤改良机将有效提

升土壤改良的效果和效率,从而为农业增产、农民增收提供有效的保障。

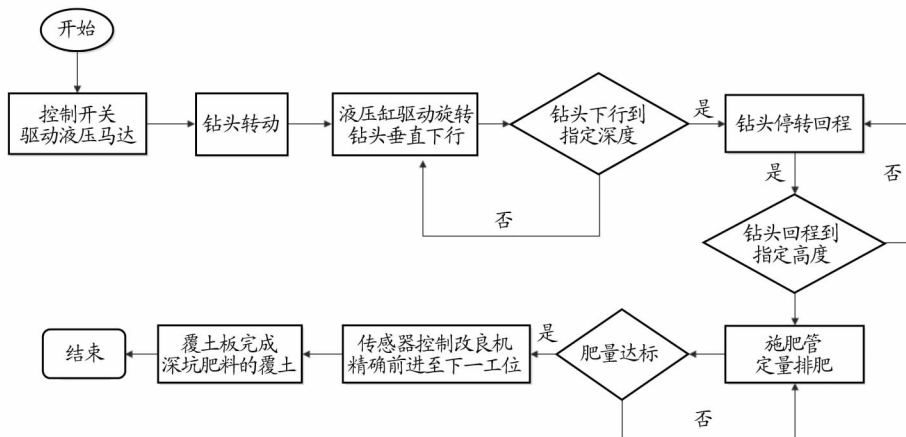


图3 悬挂式土壤改良机工作原理

Fig.3 Working principle of suspended soil improver

参考文献

- [1] 本刊讯.2016 中国国土资源公报发布[J].地质装备,2017,18(4):3-4.
- [2] BOLAN N S, ADRIANO D C, NATESAN R, et al. Effects of organic amendments on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil [J]. Journal of environmental quality, 2003, 32(1): 120-128.
- [3] PAGLIAI M, VIGNOZZI N, PELLEGRINI S. Soil structure and the effect of management practices [J]. Soil & tillage research, 2004, 79(2): 131-143.
- [4] 张黎明, 邓万刚. 土壤改良剂的研究与应用现状 [J]. 华南热带农业大学学报, 2005, 11(2): 32-34.
- [5] 邵玉翠, 张余良, 李悦, 等. 天然矿物改良剂在微咸水灌溉土壤中应用效果的研究 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 100-103.
- [6] 陈义群, 董元华. 土壤改良剂的研究与应用进展 [J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1282-1289.
- [7] 闫少锋, 吴玉柏, 俞双恩, 等. 江苏沿海地区竖井排盐试验研究 [J]. 节水灌溉, 2014, 2014(8): 42-44.
- [8] 刘长江, 李取生, 李秀军. 深松对苏打盐碱化旱田改良与利用的影响 [J]. 土壤, 2007, 39(2): 306-309.
- [9] 许翠平, 刘洪禄, 车建明, 等. 秸秆覆盖对冬小麦耗水特征及水分生产率的影响 [J]. 灌溉排水, 2002, 21(3): 24-27.
- [10] 张秋英, 李发东, 欧国强, 等. 土壤水对降水和地表覆盖的响应 [J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5): 37-41.
- [11] 陈素英, 张喜英, 裴冬, 等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171-173.
- [12] 蔡太义, 贾志宽, 黄耀威, 等. 中国旱作农区不同量秸秆覆盖综合效应研究进展 I. 不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应 [J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(5): 63-68, 74.
- [13] TEBRÜGGE F, BÖHRNSEN A. Farmers' and experts' opinion on no-tillage in West Europe and Nebraska (USA) [C]// GARCÍA-TORRES L, BENITES J, MARTÍNEZ-VILELA A, et al. Conservation agriculture. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [14] 鲁向晖, 高鹏, 王飞, 等. 宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响 [J]. 土壤通报, 2008, 39(6): 1248-1251.
- [15] 刘万锋. 盐池县瘠薄盐渍土壤现状及机械化改良措施 [J]. 现代农业科技, 2016(3): 249, 251.
- [16] 贺长彬, 王德成, 王光辉, 等. 天然草地机械化改良技术研究进展 [J]. 农机化研究, 2015, 37(6): 258-263.
- [17] 于涛. 机械化深耕深松技术分析 [J]. 农机使用与维修, 2012(5): 101-102.
- [18] 如一. 广西五丰机械: 以粉垄技术助力中国绿色耕作革命 [N]. 中国工业报, 2017-12-05(002).
- [19] 高连兴, 刘俊峰, 郑德聪. 农业机械化概论 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 102.
- [20] 赵义涛, 姜佰文, 梁云江. 土壤肥科学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 222, 262-265, 277.
- [21] 牛淑卿, 唐春梅, 屈振华, 等. 机械化土壤保墒技术的研究与应用 [J]. 农机化研究, 2015, 37(1): 235-237.

名词解释

扩展影响因子: 这是一个国际上通行的期刊评价指标, 是 E·加菲尔德于 1972 年提出的。由于它是一个相对统计量, 所以可公平地评价和处理各类期刊。通常, 期刊影响因子越大, 它的学术影响力和作用也越大。具体算法为:

$$\text{扩展影响因子} = \frac{\text{该刊前 2 年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该刊前 2 年发表论文总数}}$$

扩展即年指标: 这是一个表征期刊即时反应速率的指标, 主要描述期刊当年发表的论文在当年被引用的情况。具体算法为:

$$\text{扩展即年指标} = \frac{\text{该期刊当年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该期刊当年发表论文总数}}$$

扩展他引率: 指该期刊全部被引次数中, 被其他刊引用次数所占的比例。具体算法为:

$$\text{扩展他引率} = \frac{\text{被其他刊引用的次数}}{\text{期刊被引用的总次数}}$$

扩展引用刊数: 引用被评价期刊的期刊数, 反映被评价期刊被使用的范围。