

耕作措施对土壤物理性状的影响

张海林¹ 秦耀东² 朱文珊¹

(1 中国农业大学作物学院 北京 100094; 2 中国农业大学资源与学院 北京 100094)

摘 要 耕作措施对 0~20cm 土壤容重影响较大, 深层影响较小。稳定入渗率呈现出强烈的时间变异性, 从整个生育期看, 翻耕都表现出较高的稳定入渗率, 随时间的变化, 差异减小; 不同负压下, 翻耕稳定入渗率最高, 免耕次之, 铁茬最低, 不同时期变化趋势一致; 翻耕大孔隙较其它两耕作措施多, 翻耕后, 土壤大孔隙增多, 比免耕和铁茬处理高 65% 左右, 达到 5% 水平差异显著, 免耕与铁茬差异不显著。随着时间的推移, 不同耕作措施大孔隙比例有所下降, 中小孔隙比例增加, 大孔隙数目翻耕仍最高, 从显著性看, 与免耕和铁茬在 5% 水平显著。

关键词 耕作措施; 土壤物理性状

中图分类号 S34, S152.5

土壤耕作的任务就是要为作物的生长发育创造适宜的种床, 不同的耕作措施对土壤物理性状影响也不同, 从而影响到土壤水分运行状况。良好的耕作措施可以改善土壤结构, 提高土壤的持水导水性能, 提高土壤有效持水量, 增加作物对土壤水分及养分吸收的易吸性, 有利于作物的生长发育^[1~6]。

国内外的研究人员对不同耕作条件下的影响土壤物理性状进行了较多的研究, 但目前所得结论并不一致, 这主要是和研究方法、测试手段及土壤本身的性质如土壤质地等有关选择适宜的土壤物理表征参数来评价不同耕作措施对土壤水分运行的影响, 困难较大, 但对于揭示耕作效果却具有十分重要的意义。另外, 绝大多数的研究主要集中在定量分析不同耕作方式对土壤特性的瞬时变化, 对这些特性随时间变化的过程缺乏建立在室内外试验(实验)结果基础上的定量描述。本文简单的探讨了不同耕作措施对土壤物理性状的影响。

1 材料与方 法

试验于 2000 年在中国科学院地理所禹城综合试验站进行, 禹城地区地处黄淮海平原的中部(东经 114°36', 北纬 36°56'), 属暖温带半湿润季风气候, 该区粉砂、砂壤、轻壤、粘壤几种土壤质地均有分布, 种植制度为冬小麦-夏玉米, 一年两熟。供试土壤肥力较高, 表 1 是 1m 土体剖面土壤状况描述。

试验设秸秆覆盖免耕(简称免耕)、铁茬和翻耕 3 个处理, 小区面积为 100m², 3 次重复。

表 1 试验地 1m 剖面土壤状况

Table 1 Soil texture of the experiment field

层次 (cm)	质地	容重 (g/cm ³)	发育状况
0~20	轻壤土	1.39	孔隙发育好, 有微团粒结构, 土质疏松
20~80	砂壤土	1.35	孔隙发育好, 质地均一

免耕: 前茬作物收获后, 不翻耕土地, 直接开沟播种玉米, 喷洒除草剂, 尔后将切碎的秸秆均匀盖于地表, 施秸秆 6000 kg/hm²。

铁茬: 前茬作物收获后, 不翻耕土地, 直接播种玉米, 秸秆不还田。

翻耕: 前茬作物收获后, 将与免耕田等量的秸秆翻于 10~20cm 的土层内, 整平后进行播种。以上各处理的其它田间管理措施均相同。

测试项目主要包括土壤容重、土壤入渗率等, 不同生育期(苗期-拔节、拔节-抽雄、抽雄-灌浆)分别测定不同耕作措施的耕层(0~10, 10~20, 20~30cm)容重, 取样后, 105℃ 烘干至恒重; 同期采用张力入渗仪测定稳定入渗率。假设张力入渗仪入渗范围入渗均匀深度一致, 在计算孔隙时假设孔隙为圆形孔隙, 孔隙半径计算方法参照文献[7]进行。

2 结果与分析

2.1 土壤容重

表2是不同耕作措施、不同层次的变化状况。比较不同耕作措施耕层土壤容重的变化动态, 0~20cm土壤容重变化较大, 而20~30cm变化较小。耕作措施对土壤耕层土壤容重影响比较大, 翻耕处理前期由于土壤受到耕翻的作用, 土壤较松, 土壤

容重较低, 而铁茬、免耕由于土壤不进行耕作处理, 土壤比较紧实, 土壤容重偏大, 随着时间的推移, 土壤容重也在发生变化。0~10cm土层, 翻耕土壤的容重逐渐增大, 而铁茬、免耕变化不大。10~20cm土层容重变化是免耕处理除前期高于翻耕和铁茬, 后期低于翻耕与铁茬。20~30cm是犁底层, 所测容重处理均较大, 但处理间差异较小, 且随时间变化小。

表2 不同耕作措施下土壤容重的变化 (g/cm^3)

Table 2 Variation of soil bulk density under different cultivation systems

	0~10cm			10~20cm			20~30cm		
	铁茬	翻耕	免耕	铁茬	翻耕	免耕	铁茬	翻耕	免耕
6月25日	1.40	1.30	1.41	1.41	1.32	1.43	1.44	1.45	1.46
7月11日	1.40	1.38	1.40	1.43	1.45	1.51	1.47	1.47	1.47
7月28日	1.44	1.44	1.43	1.60	1.59	1.57	1.63	1.58	1.61
8月14日	1.48	1.41	1.44	1.56	1.49	1.54	1.48	1.52	1.51
8月27日	1.44	1.47	1.38	1.53	1.52	1.44	1.51	1.50	1.42

2.2 稳定入渗率

稳定入渗率是土壤持水性能的重要指标, 可以间接地反映土壤孔隙情况。土壤饱和导水率田间测定较为困难, 另外由于稳定入渗率接近土壤饱和导水率, 通过较简便的方法测定稳定入渗率, 间接反映土壤饱和导水率, 所以本试验采用张力入渗仪测定不同耕作措施的稳定入渗率来说明不同耕作措施间导水率的差异。

图1是不同耕作措施耕层饱和状态下的稳定入渗率变化, 不同耕作措施耕层的稳定入渗率, 随着时间的推移都有减少的趋势, 地面稳定入渗率呈现出强烈的时间变异性。从图1可以看出, 翻耕的土壤稳定入渗率与其它两处理差异显著, 而免耕与铁茬之间差异不显著。翻耕表现出较高的入渗率, 其导水率亦高, 当降雨后, 较高的导水率, 蒸发强烈, 造成土壤跑水严重, 保水效果差, 不利于土壤水分的存贮和水分的充分利用。由于稳定入渗率接近于土壤的饱和导水率, 可以这样说, 翻耕后增加了土壤的饱和导水率, 从整个生育期看, 不同翻耕处理都表现出较高的稳定入渗率, 随时间的变化, 差异减小, 但短期内(一个生育期)还不能完全改变其表层较高的入渗率。

图2是不同耕作措施苗期-拔节期、拔节-抽雄期不同水头下的稳定入渗率的变化。从时间上看, 随着时间的推移, 不同耕作措施不同水头下的稳定

入渗率都有所下降, 不同耕作措施间表现出一致性, 随着水头的增加, 稳定入渗率下降, 不同耕作措施间变化规律一致。从不同处理看, 翻耕最高, 免耕其次, 铁茬最低(不同水头下均表现出该规律), 不同时期变化规律一致。所以, 翻耕后, 土壤的入渗率较其它耕作措施显著增加, 特别是低水头下的入渗率增加幅度较大; 而铁茬与免耕, 由于都未实行土壤耕作, 土壤较为紧实, 稳定入渗率较翻耕低, 且铁茬与免耕差异不大, 免耕略高于铁茬, 可能由

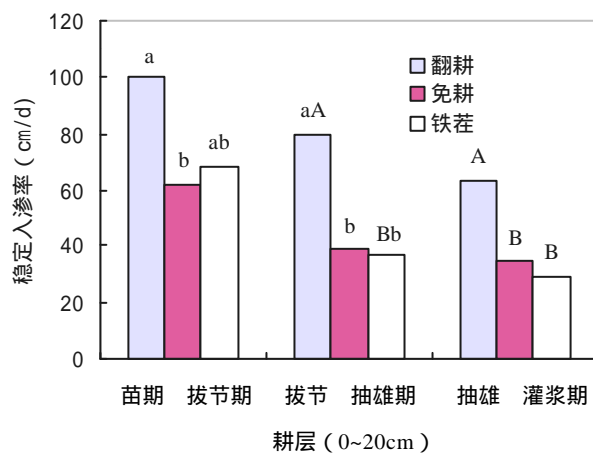


图1 不同耕作措施土壤稳定入渗率变化

Fig. 1 Soil stable infiltration rates under different cultivation systems
(注 a, b 代表统计检验 5% 水平差异显著性, A, B 代表 1% 水平差异显著性)

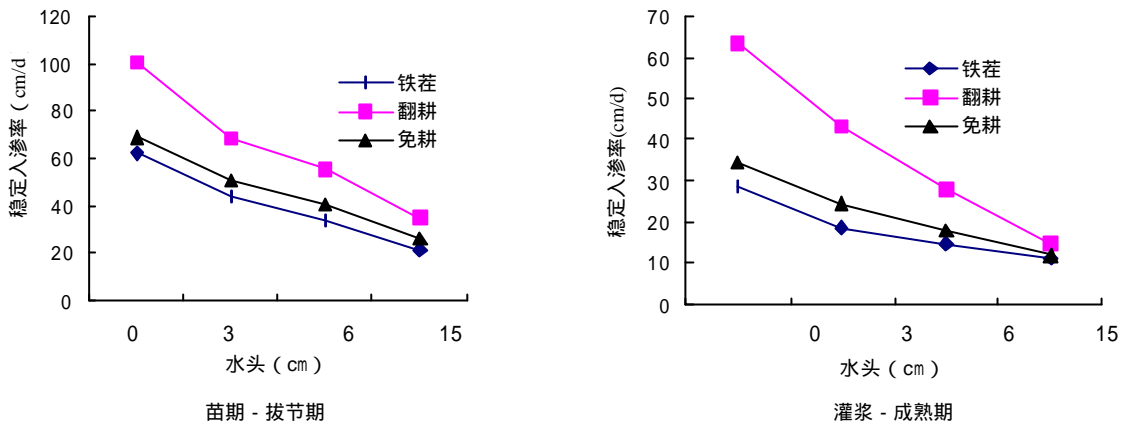


图 2 不同耕作措施不同负压土壤稳定入渗率

Fig. 2 Negative pressure soil stable infiltration rates under different cultivation systems

于免耕有秸秆覆盖而减少了降雨等机械拍击作用，保护了土壤，减少了土壤孔隙的密实作用，所以表现为土壤入渗率略高于铁茬，但总体上差异不显著。

2.3 土壤孔隙

耕作措施改变了土壤的界面特征，其实质是改变了土壤孔隙特征，即不同耕作措施所带来的各种效应，都可以归结为土壤孔隙的变化而引发的其它理化性能的改变。不同孔径孔隙的数量比例，更为直观的反映不同耕作措施间土壤物理性状的变化。通过张力入渗仪的侧管水头控制测定土壤孔隙大小范围，-3cm，-6cm 和 -15cm 水头在水分运移中分别排空孔径 >0.1，0.05 和 0.02cm 的孔隙。

表 3 列举了不同耕作措施表层孔隙的分布情况，可以看到，翻耕后，土壤大孔隙 (>0.05cm) 增多，比免耕和铁茬处理高 65%左右，5%差异显著，免耕与铁茬基本差不多；拔节抽雄后，不同处理大孔隙数目均有所降低，但翻耕仍最高，5%差异显著。

大孔隙的增多，导致土壤导水性能的变化，特别是在刚翻耕完后，土壤跑墒严重，丰雨年不利于土壤储水，而在干旱年分，又限制了土壤水分的运动，不利于作物对土壤水分的吸收。免耕与铁茬中小孔隙比翻耕高，特别是 0.025~0.01cm 孔径，这部分孔径有利于土壤水分的储存，特别是可以提高土壤有效持水量，利于作物的吸收。表 4 是不同耕作措施表层不同孔隙比例状态，可以看出，大孔隙比例占总孔隙的比例较小，而中小孔隙数目比例大。比较不同处理，翻耕大孔隙(>0.05cm) 比例略高于其它两处理，中小孔隙 (0.025~0.01cm) 比例明显低于其它铁茬与免耕，而铁茬与免耕处理孔隙比例无明显差异。从不同时期看，随着时间的推移，翻耕处理大孔隙比例有所下降，中小孔隙比例增加，免耕与铁茬处理不同处理的孔隙比例都有所下降。这主要是由于降雨等机械力的拍击作用，而造成的土壤变紧实的缘故。

表 3 不同耕作措施表层土壤孔隙分布数目比较 (个/m²)

Table 3 Porosity in the surface soil layer under different cultivation systems

半径 (cm)	苗期——拔节				拔节——抽雄			
	>0.05	0.025~0.05	0.025~0.015	0.015~0.01	>0.05	0.025~0.05	0.025~0.015	0.015~0.01
翻耕	753.58a	3809.46 a	11533.17 a	88110.76a	426.97a	8874.31a	13937.28a	57417.92a
免耕	457.33b	3296.18b	36955.71b	138481.4b	276.048b	3400.24b	32645.31b	122083.8b
铁茬	445.99b	3130.3b	36394.79b	148857.8ab	240.37b	3036.52b	31179.93b	122548b

注：a, b 代表统计检验 5%水平差异显著性。

表 4 不同耕作措施表层土壤孔隙比例分布

Table 4 Pore distribution in the surface soil layer under different cultivation systems

半径 (cm)	苗期——拔节				拔节——抽雄			
	>0.05	0.025~0.05	0.025~0.015	0.015~0.01	>0.05	0.025~0.05	0.025~0.015	0.015~0.01
翻耕	0.06	0.07	0.08	0.28	0.03	0.17	0.15	0.18
免耕	0.04	0.06	0.26	0.43	0.02	0.07	0.23	0.38
铁茬	0.04	0.06	0.26	0.47	0.02	0.06	0.22	0.38

3 结论与讨论

1. 耕作措施对土壤耕层土壤容重影响比较大, 0~20cm 土壤容重变化较大, 0~10cm 土层, 翻耕土壤的容重逐渐增大, 而铁茬、免耕变化不大, 10~20cm 土层容重变化免耕处理除前期高于翻耕和铁茬, 后期低于翻耕与铁茬; 不同耕作措施饱和和稳定入渗率, 随着时间的推移都有减少的趋势, 稳定入渗率呈现出强烈的时间变异性, 从整个生育期看, 翻耕处理都表现出较高的稳定入渗率, 随着时间的变化, 差异减小, 不同负压下, 翻耕稳定入渗率最高, 免耕次之, 铁茬最低, 不同时期变化趋势一致; 从耕层土壤孔隙组成上看, 翻耕大孔隙较其它两耕作措施多, 翻耕后, 土壤大孔隙增多, 比免耕和铁茬处理高 65% 左右, 达到 5% 水平差异显著, 免耕与铁茬差异不显著; 拔节抽雄后, 不同处理大孔隙数目均有所降低, 但翻耕仍最高, 5% 水平差异显著。从不同时期看, 随着时间的推移, 不同耕作措施大孔隙比例有所下降, 中小孔隙比例增加。

2. 容重的测定, 其测定简单方便, 适合田间野外操作, 具有很大的优越性, 但却有很大的局限性, 环刀高只有 5cm, 截面 20cm², 所容纳的土壤信息太少, 而土壤本身空间变异很大, 由于其较小的容积, 取样又破坏了土壤孔隙的连续性, 耕作一般影响主要在土壤的耕层 20cm 以内, 张力入渗仪弥补了容重环本身的缺陷, 它不仅可以在田间直接进行测定, 简便易行, 不破坏土壤, 更易反映土壤本来的特性, 而且张力入渗仪截面积大 (底面直径 25cm),

容纳土壤信息量大, 连续性强, 用稳定入渗率来表征不同耕作措施对土壤物理性状的影响更为科学。

3. 耕作措施对土壤影响很大, 由于测试手段和土壤质地等方面, 国内外的研究结果并不一致, 另外本研究仅对一些基本的土壤物理性状进行了简单的探讨, 所以在这一方面还有待进一步研究探讨。

参考文献

- 1 Tolk JA, Howell TA and Evett SR. Effect of mulch, irrigation and soil type on water use and yield of maize. *Soil & Tillage Res.*, 1999, 50: 137~147
- 2 Austin RB, Playan E and Gimeno J. Water storage in soils during the fallow: Prediction of the effects of rainfall pattern and soil conditions in the Ebro valley of Spain. *Agri. Water Management*, 1998, 36: 213~2
- 3 Norwood CA. Profile water distribution and grain yield as affected by cropping system and tillage. *Agron. J.*, 1994, 86: 558~563
- 4 Waddell JT and Weil RR. Water distribution in soil under ridge-till and no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1996, 60: 230~237
- 5 Hermawan B, Cameron KC. Structural Changes in silt loam under long-term conventional and minimum tillage. *Soil tillage Res.*, 1993, 26: 139~150.
- 6 朱文珊. 地表覆盖种植与节水增产. *水土保持研究*, 1996, 3: 141~145
- 7 Watson KW and Luxmooro RJ. Estimating macroprospity in forest watershed by use of a tension infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1986, 50: 578

EFFECTS OF TILLAGE ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES

Zhang Hailin¹ Qin Yaodong² Zhu Wenshan¹

(1 College of Crop Sciences, China Agricultural University, Beijing, 100094;

2 College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing, 100094)

Abstract The influence of tillage on bulk density of the surface soil (0~20cm) was stronger than on that of the subsoil. Soil infiltration rate varied greatly with the time and tillage. The infiltration rate under conventional tillage was the highest among the treatments in the summer corn growth season, but the differences between the treatments got smaller along with the time. In terms of infiltration rate under different water tension conventional tillage was the highest and non-tillage the second, direct drilling the lowest, and the trend was the same with different growth seasons of the summer corn. The number of macropores under conventional tillage was 65% more than that of non-tillage and direct drilling, reaching the 5% significance level, but the difference between non-tillage and direct drilling not significant. As time went on, the number of macropores reduced and the number of mid-, micropores increased. But the number of macropores under conventional tillage still was the highest, at 5% significance level over that under non-tillage and direct drilling.

Key words Tillage, Soil physical properties

(上接第 139 页)

CORRELATION OF DIFFERENT EXTRACTANTS WITH DETERMINATION OF SOIL EXTRACTABLE SULFUR BETWEEN

Cui Yanshan Wang Qingren Dong Yiting Li Haifeng

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract Several soil samples from different areas of China were extracted for plant available sulfur (S) with four extractants, CaCl₂, Ca(H₂PO₄)₂ (pH=4.0), KH₂PO₄, and NaHCO₃ (pH=8.5). The total and available S in soils, and S contents in winter wheat in its different growth stages were determined. The results showed that the available S in the soil was significantly related to the contents of S in plants in all of four treatments. The results of using the inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP-AES) and turbidimetry to determine soil available S showed extremely significant correlation between the methods with correction coefficient being 0.867^{**}. The contents of available S in soil determined by these two methods also had a significant correlation with the contents of S in wheat, with correlation coefficients being 0.794^{**} and 0.684^{**}, respectively, indicating that both turbidimetry and ICP-AES were applicable to determination of available S in soils. But ICP-AES was better than the turbidimetry in stability. Using the Ca(H₂PO₄)₂ as extractant, the average variation coefficient of the results was 5.3%, the least in the four extractants, while using NaHCO₃, 8.3%, the largest. Based on the characters of the extractants, the correlation of available S in soils with the S contents in wheat and the variation coefficient, it could be concluded that the Ca(H₂PO₄)₂ extractant and ICP-AES testing method were the best ones to determine the available S in soils.

Key word Extractant, Available sulphur, Correlation