免耕条件下玉米残茬处理对农田表层土壤结构性能的影响

张 雯,丛巍巍,赵洪亮,衣 莹,侯立白
(沈阳农业大学农学院,辽宁 沈阳 110161)

摘 要:立足于东北冷凉风沙区采用的玉米垄作免耕方式,通过始于2003年的彰武县保护性耕作定点试验,比较研究留茬、覆盖和灭茬3种不同玉米残茬处理方式对农田表层(0~30 cm)土壤结构性能的影响。研究结果表明,覆盖处理在改善土壤结构性能方面效果最明显。在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层中,>0.25 mm水稳性团聚体含量和团聚体稳定率均为覆盖>留茬>灭茬,且均随土壤深度增加而减小。在不同土层中,土壤容重表现为灭茬>留茬>覆盖,土壤总孔隙度呈现出覆盖>留茬>灭茬,且随着耕层加深,呈递减趋势。在不同土层中,覆盖处理的砂粒含量均低于留茬和灭茬处理,但随着耕层加深,各处理黏粒含量未呈现规律性变化。

关键词:免耕;玉米残茬处理;表层土壤结构;土壤团聚体
中图分类号:S345 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2010)03-0079-04

土壤结构性能是反映土壤肥力的重要指标,包括土壤团聚体稳定性及与其相联系的孔隙状况等,其中土壤团聚体的稳定性是衡量土壤结构性能好坏的最主要的指标[1]。在农田土壤中,一般把犁底层以上的土壤层次(0~30 cm)称为表土层[2]。绝大部分的农田管理措施都发生在这一层次上,因此,这一层次对农田管理措施的变化也最为敏感,而且愈接近地表,表现愈明显。研究表明[3,4],不同的农业管理措施会对农田土壤结构改变的速率产生影响。传统耕作方式的耕翻耙压导致了土壤结构性能恶化,随着土壤被犁翻次数的增多,造成了土壤有机质的损失,加剧了表层土壤的流失和风蚀,从而导致农田土壤的退化。而近几年国内外广泛研究和推广的保护性耕作措施(少耕、免耕、残茬覆盖等)在提高土壤有机物质的输入量,改善土壤结构,防止土壤侵蚀和风蚀等方面效果明显[5,6]。

东北冷凉风沙区位于我国风蚀沙化最严重的"三北"地区的东北部种植区。由于严酷的自然条件和人口压力,加上落后的农业管理措施,表层土壤的风蚀沙化十分严重,且面积很大,导致了可耕地的退化。近几年该区推广的保护性耕作技术,取得了一定的经济、生态和社会效益[7,8]。综合国内外研究成果,针对东北冷凉风沙区特殊的区位环境和气候条件,进一步明确免耕条件下不同玉米残茬处理方式对土壤结构性能方面的影响程度,明确其在防止风沙区农田土壤侵蚀方面的作用,对于扩大该区保护性耕作技术推广的面积,指导农业生产具有重要意义。因此,我们通过设在始于2003年的辽宁省彰武县保护性耕作定位试验,选择试验区重点推广的免耕条件下3种不同玉米残茬处理方式进行比较分析,旨在寻求能够提高风沙土农田土壤结构稳定性的玉米残茬处理方式,防止农田土壤结构退化,维护农田土壤生产力的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在辽宁省彰武县,属于半干旱区,半湿润大陆性季风气候,四季分明,雨热同季,光照充足。春季风多雨少,冬季漫长而寒冷。年平均气温7.2℃,无霜期平均为148 d,平均冻土深度为1.11 m。多年平均降雨量为484.3 mm,年降水量16.94亿m^3,去掉蒸发5.4亿m^3和渗透9.46亿m^3,多年平均地表径流量2.08亿m^3。全年主导风为西南风,其中春夏主导风为西南风,秋冬主导风为西北风,平均风速为3.8 m/s,最大风速为38 m/s。每年春季(3~5月)气温回升快,气候干燥,降水少,蒸发量大,易发生春旱;夏季(6~8月)炎热,降水集中;秋季(9~10月)降温快,雨量骤减;冬季寒冷干燥。该区为一

收稿日期:2009-11-02
基金项目:辽宁省教育厅项目资助(2008649)
作者简介:张 雯(1972—),女,山东诸城市人,副教授,博士,从事保护性耕作技术研究。E-mail:z0930w@sina.com。

万方数据

年一熟制,主要种植玉米和小麦。

1.2 试验设计

试验始于2003年10月,采用玉米垄作栽培方式,玉米种在垄上。田间共设3种玉米秸秆还田处理,具体处理方式为:留茬(Stubble mulch,简称SM):秋季留茬高30 cm,春季用免耕播种机播种,2008年播后田间覆盖率52.6%。覆盖(Stubble coverage,简称SC):秋季留茬高30 cm,垄间整秆覆盖,春季用免耕播种机播种,2008年播后田间覆盖率73.1%。灭茬(Elimination of stubble,简称ES):秋季留茬高30 cm,春季用灭茬机灭茬(深度不超过8 cm,动土面积小于30%),用小型玉米播种机播种,2008年播后田间覆盖率42.9%。小区面积20 m×6 m,3次重复,田间随机排列。供试玉米品种为丹玉39号。种植时株距40 cm,行距60 cm,种植密度为42 495株/hm^2。播种时施用磷酸二铵187.5 kg/hm^2。播后施用化学药剂除草防虫。大喇叭口期追尿素150~225 kg/hm^2。

1.3 测定项目和方法

于2008年10月在各小区多点采集0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm土层的土样,混合后风干备用。土壤团聚体采用干筛法和湿筛法[9]。团聚体稳定率(WSAR)计算公式如下:$WSAR = WSA/A \times 100\%$。式中,$WSA$为0.25 mm水稳性团聚体的重量;$A$为>0.25 mm团聚体的重量[9]。土壤颗粒组成分析采用吸管法[10]。土壤容重和总孔隙度采用环刀联合测定法[10]。

2 结果与分析

2.1 不同玉米残茬处理对土壤团聚体数量和稳定性的影响

表层土壤团聚体的数量和稳定性可以作为反映土壤管理措施对土壤结构影响的指标之一。在土壤团聚体组成中,有大团聚体(>0.25mm)和微团聚体(<0.25mm)之分,其中直径0.25~10 mm的水稳性团聚体含量越高,表明土壤结构越好,土壤结构的稳定性越强。而<0.25 mm的团聚体所占比重越高,表明土壤愈分散,它不仅在降雨和灌溉期间会堵塞孔隙,影响水分入渗,易产生地面径流,增加土壤的侵蚀,还容易形成沙尘天气[11~14]。本试验中,利用干筛法获得>0.25 mm土壤中团聚体(水稳性和非水稳性团聚体)含量,湿筛法获得土壤中水稳性团聚体的含量,并计算团聚体稳定率,比较分析不同玉米残茬处理方式对土壤团聚体数量和稳定性的影响,具体结果见表1。

表1 不同玉米残茬处理干湿筛下的>0.25 mm团聚体含量及稳定率

Table 1 Macro-aggregates content and stable rate of aggregates by dry and wet sieving under different corn stubble treatments

土层深度 Soil depth (cm)	>0.25mm团聚体含量(干筛法)(%) Diameter>0.25mm aggregates content (Dry sieving)			>.25mm团聚体含量(湿筛法)(%) Diameter>0.25mm aggregates content (Wet sieving)			团聚体稳定率(%) Stable rate of aggregates		
	留茬 SM	覆盖 SC	灭茬 ES	留茬 SM	覆盖 SC	灭茬 ES	留茬 SM	覆盖 SC	灭茬 ES
0~10	79.19a	79.22a	78.48b	21.91a	22.27a	20.97b	27.67a	28.11a	26.72a
10~20	79.14a	79.41a	77.22b	19.30a	20.78a	17.80b	24.39a	26.17a	23.05a
20~30	79.34a	79.49a	78.67b	13.63b	16.49b	13.57a	17.18b	20.74b	17.25b

注:不同小写字母代表处理间$P<0.05$水平差异显著,下同。

Note: Different small letters mean significant difference at $P<0.05$ among treatments. They are the same in the follows.

从表1可以看出,在干筛法中,3种不同玉米残茬处理方式下的农田表层土壤>0.25 mm土壤团聚体含量都在75%以上,其中覆盖最高,灭茬最低。方差分析结果表明,覆盖和留茬处理间>0.25 mm土壤团聚体含量无明显差异,而与灭茬处理间差异显著。这主要是因为免耕体系减少了对土壤结构的机械破坏,同时留茬和覆盖处理方式下玉米残茬累积在农田0~30 cm的土壤表层,增加了土壤有机质含量,有利于大粒径团聚体的形成与稳定,在团聚体形成过程中具有不可替代的作用。在湿筛法中,在不同土层中>0.25 mm水稳性团聚体含量均为覆盖>留茬>灭茬,说明免耕下残茬覆盖下有利于土壤水稳性团聚体的形成,提高了土壤水稳性大团粒含量,增强了表层土壤团聚体的稳定性。但从整体数据来看,湿筛处理下的>0.25 mm水稳性团聚体含量远小于干筛处理,说明该土壤中的土壤团聚体大部分为非水稳性团聚体,水稳性团聚体的数量较少。这与该土壤属于风蚀沙化土壤的特征一致。

万方数据

团聚体稳定率是评价土壤团聚体稳定性的重要指标之一。通常情况下，其数值越高越有益于土壤结构的稳定和作物的生长[14,15]。从表 1 可以看出，在不同土壤层次，团聚体稳定率均表现为覆盖 > 留茬 > 灭茬，且均随土壤深度增加而减小，说明免耕条件下秸秆覆盖对表层土壤团聚体稳定性有积极的促进作用。这和蔡立群等针对保护性耕作麦 - 豆轮作条件下土壤团聚体组成的分析结论一致[16]。

2.2　不同玉米残茬处理对土壤容重的影响

土壤容重是指田间自然状态下，在单位体积内所具有的干土质量，通常以每立方厘米土重的克数表示(g/cm^3)，是评价土壤结构性能的重要指标之一[2]。一般情况下，土壤容重小，表明土壤比较疏松，土壤结构性好，土壤的水分、空气、热量状况比较好，从而有利于作物根系的伸展，表现出良好的生长态势[17]。本试验比较分析了不同玉米残茬处理下不同土层深度的土壤容重，具体结果见图 1。从图 1 可以看出，在不同土层深度下，土壤容重均表现为灭茬 > 留茬 > 覆盖，尤其在 0 ~ 10 cm 土层，3 种处理之间达到显著水平。覆盖处理的土壤容重小于留茬和灭茬处理，是由于覆盖方式可以通过秸秆覆盖阻止土壤水分散失、提高土壤温度以及促进秸秆腐烂、培肥地力等作用，可以相对降低土壤的容重[6]，且秸秆覆盖会增加土壤表层有机质含量，进而促进土壤团聚体的形成。

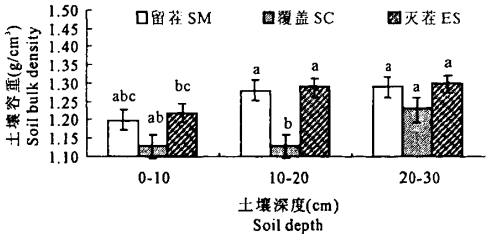

图 1　不同玉米残茬处理下的土壤容重

Fig.1　Soil bulk density under different corn stubble treatments

2.3　不同玉米残茬处理对土壤总孔隙度的影响

土壤孔隙的数量可用总孔隙度来表示，它是指土壤各种孔隙的容积占整个土壤容积的百分数，尤其是土壤表层孔隙的数量及其分布更是决定着土壤的水力学性质，如水分入渗、再分布、内排水等，是表征土壤结构性能的重要指标之一[2,6,18]。本试验比较分析了不同玉米残茬处理下不同土层深度的土壤总孔隙度，具体结果见图 2。从图 2 可以看出，在不同深度土层内土壤总孔隙度均呈现出覆盖 > 留茬 > 灭茬，且随着耕层加深，呈现出递减趋势。研究结果表明，免耕方式下由于不翻动土壤，土壤的作业次数少，同时加上秸秆的覆盖，一般造成土壤容重的降低，因而也使土壤耕作层的总孔隙度增大[3,4,19]。但方差分析结果表明，不同玉米残茬处理下总孔隙度之间差异均不显著，是否说明残茬覆盖数量的多少对土壤总孔隙度的影响不是很明显，还是试验误差所致，还需要进行进一步的试验验证。

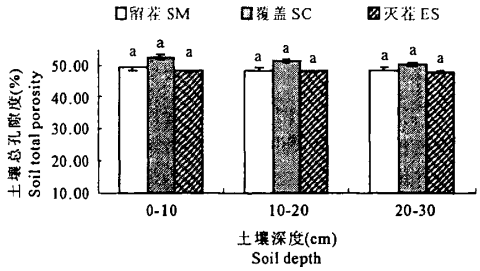

图 2　不同玉米残茬处理下的土壤总孔隙度

Fig.2　Soil total porosity under different corn stubble treatments

2.4　不同玉米残茬处理对土壤颗粒组成的影响

土壤颗粒组成是构成土壤结构重要的基础物质，一定程度上会影响表征土壤结构性能的指标，其中黏粒是形成团聚体的物质基础，它不仅决定着团聚体的大小和数量，从而也影响着包括团聚体稳定性在内的一系列土壤理化性状[2]。本试验中，利用吸管法测定不同土层深度的土壤颗粒组成，分别用粒径 2 ~ 0.02 mm 砂粒含量、0.02 ~ 0.002 mm 的粉粒含量和 < 0.002 mm 的黏粒含量表示，具体结果见表 2。

表 2　不同玉米残茬处理下的土壤颗粒组成(%)

Table 2　Soil particle composition under different corn stubble treatments

试验处理 Treatment	0 ~ 10 cm			10 ~ 20 cm			20 ~ 30 cm		
	砂粒 Sand	粉粒 Powder	黏粒 Clay	砂粒 Sand	粉粒 Powder	黏粒 Clay	砂粒 Sand	粉粒 Powder	黏粒 Clay
留茬 SM	37.40	40.39	22.21	38.07	40.69	22.79	36.09	39.73	23.34
覆盖 SC	37.08	40.98	21.94	37.25	39.96	21.51	36.00	38.95	24.05
灭茬 ES	38.10	39.20	21.70	37.74	40.35	21.91	37.96	38.70	23.18

万方数据

从表2可以看出,在各个土层内,覆盖处理的砂粒含量均低于留茬和灭茬处理,表明免耕条件下,通过大量秸秆覆盖于地表,不仅改善土壤的理化性质,而且在避免表层土壤粗粒化演变方面起到了一定作用[13]。在0~10 cm土层内,覆盖处理的黏粒含量高于留茬和灭茬处理,在一定程度上说明,秸秆覆盖方式在促进土壤表层团聚体的形成和稳定方面发挥了重要作用,这和前面针对土壤团聚体所形成的结论相吻合,也和李小刚等的研究结果,即粘粒是干旱地区土壤结构形成最重要的胶结物质的结论基本一致[20]。而在10~20 cm土层内,留茬和灭茬处理的黏粒含量高于覆盖处理,20~30 cm土层内,留茬和覆盖处理的黏粒含量高于灭茬处理,说明随着土层的加深,黏粒含量未出现规律性的变化,此种结果还需要试验进一步验证。同时方差分析结果表明,各种差异均不显著,说明土壤颗粒组成对于玉米残茬处理方式的响应度较低,引起变化需要的时间更长。

3 结论与讨论

免耕条件下留茬、覆盖和灭茬3种玉米残茬处理方式在改善农田表层(0~30 cm)土壤结构性能方面存在一定的差异,其中覆盖方式效果最明显。在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm不同土层中>0.25 mm水稳性团聚体含量均为覆盖>留茬>灭茬。在所有处理中,土壤团聚体大部分为非水稳性团聚体,水稳性团聚体的数量较少。在不同土壤层次,团聚体稳定率均表现为覆盖>留茬>灭茬,且均随土壤深度增加而减小,说明免耕条件下秸秆覆盖对表层土壤团聚体稳定性有积极的促进作用。在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm不同土层中,土壤容重均表现为灭茬>留茬>覆盖,土壤总孔隙度均呈现出覆盖>留茬>灭茬,且随着耕层加深,呈现出递减趋势,各个处理间差异不显著,是否由于试验误差所致还需进一步试验验证。在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm不同土层中,覆盖处理的砂粒含量均低于留茬和灭茬处理。在0~10 cm土层内,覆盖处理的黏粒含量均高于留茬和灭茬处理,而随着耕层加深,黏粒含量未呈现规律性变化,此种结果还需要进一步试验验证。

参考文献:

[1] 彭新华,张 斌,赵其国.土壤有机碳库与土壤结构稳定性关系的研究进展[J].土壤学报,2004,41(4):618—624.

[2] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000.

[3] 许淑青,张仁陟,董 博,等.耕作方式对耕层土壤结构性能及有机碳含量的影响[J].中国生态农业学报,2009,17(2):203—208.

[4] 罗珠珠,黄高宝,辛 平,等.陇中旱地不同保护性耕作方式表层土壤结构和有机碳含量比较分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):53—58.

[5] 张海林,高旺盛,陈 阜,等.保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J].中国农业大学学报,2005,10(1):16—20.

[6] 张 雯,侯立白,张 斌,等.辽西易旱区不同耕作方式对土壤物理性能的影响[J].干旱区资源与环境,2006,20(3):149—151.

[7] 李宝筏,杨文革,王 勇,等.东北地区保护性耕作研究进展与建议[J].农机化研究,2004,(1):9—13.

[8] 张 雯,侯立白,蒋文春,等.辽西北地区机械化保护性耕作技术体系效益评价[J].辽宁农业科学,2006,(2):42—44.

[9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2001.

[10] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978:514—518.

[11] 卢金伟,李占斌.土壤团聚体研究进展[J].水土保持研究,2002,9(1):81—85.

[12] 王清奎,汪思龙.土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J].土壤通报,2005,36(3):415—421.

[13] 常旭虹,赵广才,张 雯,等.作物残茬对农田土壤风蚀的影响[J].水土保持学报,2005,19(1):28—31.

[14] 文 倩,关 欣.土壤团聚体形成的研究进展[J].干旱区研究,2004,21(4):434—438.

[15] 周 虎,吕贻忠,杨志臣,等.保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J].中国农业科学,2007,40(9):1973—1979.

[16] 蔡立群,齐 鹏,张仁陟.保护性耕作对麦-豆轮作条件下土壤团聚体组成及有机碳含量的影响[J].水土保持学报,2008,22(2):141—145.

[17] 罗珠珠,黄高宝,张国盛.保护性耕作对黄土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J].干旱地区农业研究,2005,25(4):207—211.

[18] 孙利军,张仁陟,黄高宝.保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):207—211.

[19] 赵洪利,李 军,贾志宽,等.不同耕作方式对黄土高原旱地麦田土壤物理性状的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):17—21.

[20] 李小刚,崔志军,王玲英.施用秸秆对土壤有机碳组成和结构稳定性的影响[J].土壤学报,2002,39(3):421—428.

(英文摘要下转第113页)

万方数据

[25] Hodge A. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients[J]. New Phytol, 2004,162:9—24.

[26] Hu T T, Kang S Z, Zhang F C, et al. Alternate application of osmotic and nitrogen stresses to partial root system: Effects on root growth and nitrogen use efficiency[J]. J Plant Nutri, 2006,29(12):2079—2096.

[27] Serna M D, Legaz B F, Primomillo E. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N uptake mineral composition and yield of citrus[J]. Plant Soil,1992,147:13—23.

[28] 王小燕,于振文.不同施氮量条件下灌溉量对小麦氮素吸收转运和分配的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3015—3024.

[29] 艾绍英,王美丽,姚建武,等.氮素营养条件对菜心吸收矿质养分的影响及其与硝酸盐累积的关系[J].农业环境科学学报,2003,22(5):578—581.

[30] Hartman P L, Mills H A, Jones J B. The influences of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development and element concentration in 'Floradel' tomato plants[J]. J Am Soc Hortic Sci, 1986,111:487—490.

[31] 邹春琴,张福锁.叶片质外体 pH 降低是铵态氮改善植物铁营养的重要机制[J].科学通报,2003,48(16):1791—1795.

Interactive effects of water and nitrogen supply on nutrient absorption and utilization of maize seedlings under partial root - zone water stress

WANG Xu-ming, ZHANG Zheng, WANG Hai-hong , ZHU Peng-fei, WANG Xin, SHU Liang-zuo*

(*School of Life Science, Huaibei Normal University, Key Laboratory of Plant Resources and Biology of Anhui Province, Huaibei, Anhui* 235000, *China*)

Abstract: Effects of nitrogen form and its application position on nutrient absorption and utilization of maize seedlings under partial root-zone water stress were examined by using solution culture technique. A split-root system composed of two root compartments was used. Polyethylene glycol (PEG6000) was added to one root compartment simulating partial root-zone water stress. Nitrogen was set as three forms (50% NO_3^- - N + 50% NH_4^+ - N; NO_3^- - N; NH_4^+ - N) and supplied to just one root compartment (water-stressed or non-water-stressed-compartment). Plant biomass and nutrient concentration were examined when plants were harvested. It showed that, plant growth, total content and increment of N, P, K, Ca, Mg, Fe in plants were improved when nitrogen was supplied to non-water-stressed compartment compared to water-stressed one. Comparing to other nitrogen form, the growth and nitrogen absorption by plants treated with mixed nitrogen were the highest. Supply of nitrate increased absorption and increment of K, Ca, Mg and Fe compared to ammonium nutrition. Nutrient use efficiency was oppositely correlated to its concentration in shoot in most case.

Keywords: partial root-zone water stress; nitrogen form; nitrogen supply position; nutrient utilization; maize seedling

(上接第 82 页)

Effects of no-tillage with different corn stubble treatments on topsoil structure properties

ZHANG Wen, CONG Wei-wei, ZHAO Hong-liang, YI Ying, HOU Li-bai

(*Agronomy College, Shenyang Agricultural University, Shenyang* 110161, *China*)

Abstract: Based on no-tillage with ridge way of corn in cold, windy and sandy areas in Northeast China, through the fixed-point experiment of conservation tillage in Zhangwu County from 2003, the effects on topsoil (0 ~ 30 cm) structure properties under three different kinds of corn stubble treatments of stubble mulch(SM), stubble coverage(SC) and Elimination of stubble(ES) were studied comparatively. The results showed that the treatment of SC to improve the soil structure properties was performed obviously. On the soil layers of 0 ~ 10 cm, 10 ~ 20 cm and 20 ~ 30 cm, >0.25 mm water stable aggregate content and aggregate stability were SC > SM > ES, and they decreased with the soil depth increasing. In different soil layers, soil bulk density showed ES > SM > SC, soil total porosity showed SC > SM > ES, and it showed a decreasing trend with the deepening of topsoil. In different soil layers, the sand content of SC was less than that of SM and ES, but with topsoil getting deeper, the clay content of each treatment showed no regular change.

Keywords: no tillage; corn stubble treatment; topsoil structure; soil aggregate

万方数据