

深松方式对土壤物理性状及玉米根系分布的影响

齐 华¹ 刘 明¹ 张卫建³ 张振平² 李雪霏¹ 宋振伟³ 于吉琳¹ 吴亚男¹

(1. 沈阳农业大学 农学院 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳市农业科学院 辽宁 沈阳 110034; 3. 中国农业科学院 作物研究所 北京 100081)

摘要:通过对不同深松方式土壤物理性状及玉米根系分布状况的分析,结果表明,隔行深松(T1)与行行深松(T2)不仅可有效打破犁底层,10~30 cm土壤容重和土壤紧实度显著降低,且T2对土壤容重和紧实度的降低作用大于T1;深松增强了土壤的透水性和蓄水能力,2种深松方式土壤水分差异并不显著;由于犁底层的存在,不深松(CK)的根系大部分集中在0~20 cm土层范围,且该土层的根干质量、根长密度和根系体积均明显大于T1和T2,而单株根系伤流强度则明显小于T1和T2;深松处理的根系不仅能更好地向深层土壤下扎,而且向植株两侧扩展的范围变大,20~50 cm土层根干质量、根长密度和根系体积T1与T2均明显高于CK;并且T1>T2。深松后倒伏率降低,对增产有一定的促进作用,T1与T2间产量差异并不显著。增产的主要原因是深松显著提高了百粒质量,但对穗粒数的影响并不显著。因此,通过垄间隔行深松可以构建良好的耕层结构,有利于根系的固定和下扎,使根系更好地吸收水分和养分,倒伏率降低、产量增加的同时,较行行深松减少了机械动力消耗。

关键词:玉米;深松方式;土壤物理性状;根系分布

中图分类号:S513.05 文献标识码:A 文章编号:1000-709(2012)04-0191-06

Effect of Deep Loosening Mode on Soil Physical Characteristics and Maize Root Distribution

QI Hua¹ LIU Ming¹ ZHANG Wei-jian³ ZHANG Zhen-ping² LI Xue-fei¹,
SONG Zhen-wei³ YU Ji-lin¹ WU Ya-nan¹

(1. Agronomy College, Agricultural University of Shenyang, Shenyang 110866, China; 2. Shenyang Academy of Agricultural sciences, Shenyang 110034, China; 3. Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Through analyzing the soil physical characteristics and maize root with different deep loosening mode, the result show that interleave row deep loosening(T1) and each row deep loosening(T2) can not only effectively break the soil plough pan, but also decrease the volume weight of soil and soil density in 10-30 cm. T1 with the bigger effect to decrease the volume weight of soil and soil density than T2. Deep loosening can enhance soil water permeability and capacity on water depositing and holding. There is no notable difference among two deep loosening modes in soil water content. Due to the soil plough pan, the roots of no-deep loosening(CK) were concentrated in 0-20 cm depth of soil. The root dry matter, root length density and root surface in this soil layer was bigger than that of T1 and T2. But the root bleeding intensity of CK was lower than that of T1 and T2. The maize root in deep loosening treatment was not only to deep layer soil extend, but also expand the scope to plant two sides. In 20-50 cm depth of soil, the root dry matter, root length density and root surface were bigger in T1 and T2 than in CK, and T1 was bigger than T2. Deep loosening can reduced the lodging rate and enhanced the yield to some extent. And there are no obvious yield differences between T1 and T2. The main reason for the increase of yield is deep loosening improved the 100-grain weight. But there are no obvious differences in kernel numbers per ear. Therefore, through interleave row deep loosening can structure well plough layer and make for maize root fasten and extend in the soil. So root could absorbed more water and nutrient. T1 decreased lodging rate and enhanced maize yield. Meanwhile, T1 decreased machine power consumption than that of T2.

收稿日期:2012-04-26

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划(2011BAD16B14);国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2009CB118601);公益性行业(农业)科研专项经费(现代农作制模式构建与配套技术研究与示范)

作者简介:齐 华(1960-),男,辽宁北镇人,教授,博士生导师,主要从事作物逆境生理生态与调控、作物超高产理论与实践等研究。

通讯作者:刘 明(1982-),男,辽宁昌图人,在读博士,主要从事玉米高产理论与实践研究。

Key words: Maize; Deep loosening mode; Soil physical characteristics; Root distribution

东北玉米主产区多年连续单纯灭茬旋耕,导致耕作层变浅、犁底层土壤紧实、容重增加,土壤蓄水能力差,增加了根系下扎阻力。耕层浅、犁底层紧实造成土壤缓冲能力减弱,雨季不仅增加了田间径流,而且耕层土壤水分也极易饱和,旱季则土壤供水能力减弱,从而增加了玉米旱灾、倒伏、中后期营养不足与早衰的风险^[1-2]。因此,只有通过合理的耕作措施才能改善土壤结构,有利于作物的生长发育^[3]。

深松可以疏松土壤,打破犁底层,改善土壤结构,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,提高土壤温度^[4],蓄水保墒,抗旱防涝^[5],并且有利于土壤养分的转化和利用^[6],进而提高产量。黄健^[7]试验结果表明,深松可以使 0~50 cm 土层深度的土壤容重平均降低 0.14 g/cm³,土壤孔隙度增加 10%~20%,渗透强度增加 15%~25%^[8]。秦红灵^[9]试验结果表明,深松降低了表层土层容重,增加了接纳雨水的能力,土壤深松处理比对照 2 年平均增产 18.29%,水分利用效率增加 9.68%。宋日^[10]研究表明,深松可以改善根系生长的生态条件,促进根系生长,各层土壤中根量分布都有明显的下移趋势,而且能提高玉米生长后期的根系活力和抗逆性,使玉米百粒质量增加 2.6%~3.1%。深松增加了根系的总量,同时促进了根系向水平和垂直方向的生长^[11]。有利于玉米根系吸收耕层以下的土壤养分和水分^[12]。

前人对深松后土壤结构及根系分布特点的研究较多^[11-18],但对不同深松方式土壤结构变化特点及玉米根系空间分布的系统研究并不多见。因此,本研究以不同深松方式土壤物理特性的变化特点及根系的响应为研究内容,探讨了深松方式与不深松的差异,为实现玉米高产栽培与资源高效利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地点

试验于 2010~2011 年在沈阳市于洪区造化乡进行,地理位置为北纬 41°54′,东经 123°54′,海拔 46 m。属温带半湿润大陆性气候,全年平均气温 8.3℃,平均年降雨量 630 mm,全年无霜期 183 d。供试农田为棕壤土,前茬作物为玉米。0~20 cm 土层含有机质 11.23 g/kg,碱解氮 140 mg/kg,速效磷 17.94 mg/kg,速效钾 118.8 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计,3 个处理,3 次重复,共 9 个

小区。小区面积 6 m×9 m。供试材料为玉米品种郑单 958,种植密度 67 500 株/hm²。3 个处理为:不深松(CK):作为对照处理,春季灭茬旋耕起垄,玉米拔节期追肥进行趟地;隔行深松(T1):春季灭茬起垄后利用深松犁进行隔行垄下深松作业;行行深松(T2):春季灭茬起垄后利用深松犁进行行行垄下深松作业。T1、T2 这 2 个处理深松深度均为 35 cm,其他耕作栽培措施均同 CK。

1.3 测定方法

土壤物理指标测定:土壤水分采用北京核安核子仪器有限公司生产的 CNC503DR 型中子仪测定,测定深度为 0~130 cm;土壤紧实度采用 Aozuo Ecology Instrumentation 的 SC900 型数字式土壤紧实度仪测定,测定深度为 45 cm,每 2.5 cm 记录 1 次,3 次重复,测定部位为每个小区的垄上、垄侧和垄下,并取其平均值;土壤容重和孔隙度的测定采用环刀法,环刀规格为 100 cm³,每个处理取 5 层,10 cm 取一层,每层均取 3 点进行测定。

根系指标测定:在玉米灌浆期,采用土壤剖面挖根法,垂直于垄的方向,距离植株 5 cm 处挖一纵向剖面,以玉米植株为中心用宽为 10 cm 的取根刀从纵向和横向分别取长宽各为 10 cm 的规则立方体土块,纵向 5 层,横向 3 层。取出土块后立即放入网袋中,在室内用水冲洗、拣根,并用加拿大 SINTEK 的 LC-4800 型根系扫描仪进行扫描,随后利用 LC-4800 根系专用分析软件 WinRHI 2.0 Pro2005 进行根系指标的检测。将扫描后的根系放入烘箱(80℃)中烘干至恒质量,称取根系干质量。根系伤流强度采用脱脂棉称质量法^[19]。

2 结果与分析

2.1 深松方式对土壤容重的影响

土壤容重是反映土壤紧实程度、孔隙状况等结构性特征的重要指标,容重的变化直接或间接地影响土壤的水、肥、气、热状况,进而影响作物的生长^[20]。图 1 为不同生育期各处理土壤容重的变化。由图可见 0~10 cm 各生育时期处理间土壤容重均无显著差异。拔节期 10~50 cm 土壤容重显著降低($F > F_{0.05}$),T1 与 T2 在整个土层范围内平均下降了 3.05% 和 5.92%;灌浆期 10~30 cm 土壤容重显著降低($F > F_{0.05}$),30~50 cm 降低不显著,T1 与 T2 在整个土层范围内平均下降了 3.13%、4.86%;收获期 10~20 cm 土壤容重显著降低($F > F_{0.05}$),

20~50 cm 降低不显著, T1 与 T2 在整个土层范围内平均下降了 1.83% 和 3.08%。说明生育前期深松对 10~50 cm 的土壤容重降低有一定的促进作用, 生育后期深层土壤容重变大, 逐渐向深松前恢复。但深松对生育后期土壤容重仍有一定的后效作用, 其中对土壤容重降低的后效作用, 行行深松大于隔行深松。

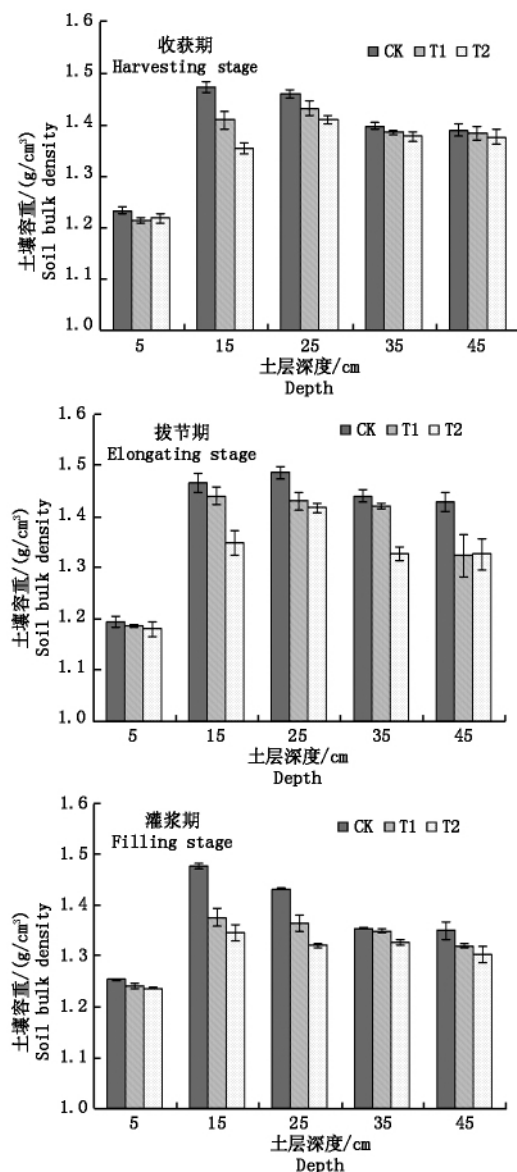


图 1 深松方式对土壤容重的影响

Fig. 1 Effect of deep loosening mode on soil bulk density

2.2 深松方式对土壤紧实度的影响

土壤的紧实度是反映土壤物理性质的一个重要指标, 土壤紧实度受多种因素的影响, 尤其是耕作措施^[21]。图 2 为深松后不同生育期各层土壤的紧实度变化, 不同土层及耕作措施间土壤紧实度存在较大差异, 0~20 cm 3 种耕作措施的土壤紧实度均随着土壤深度的增加而增加, 20 cm 土壤紧实度增加极显著 ($F > F_{0.01}$)。20~50 cm 各层土壤紧实度差异不显著。深松后表层 0~5 cm 的土壤紧实度与不深

松无显著差异, 5~50 cm 每层土壤紧实度与不深松相比均降低, 其中, 15~35 cm 降低显著 ($F > F_{0.05}$), 深松处理间 T2 降低幅度大于 T1。在整个土层范围内, 拔节期 T1 与 T2 分别下降了 13.41% 和 30.24%, 灌浆期 T1 与 T2 分别下降了 8.08% 和 28.36%, 收获期 T1 与 T2 分别下降了 6.73% 和 18.12%。即深松使土壤紧实度降低, 行行深松对土壤紧实度的降低作用大于隔行深松, 深松对生育后期的土壤紧实度仍有一定的后效作用, 其中对土壤紧实度降低的后效作用, 行行深松大于隔行深松。

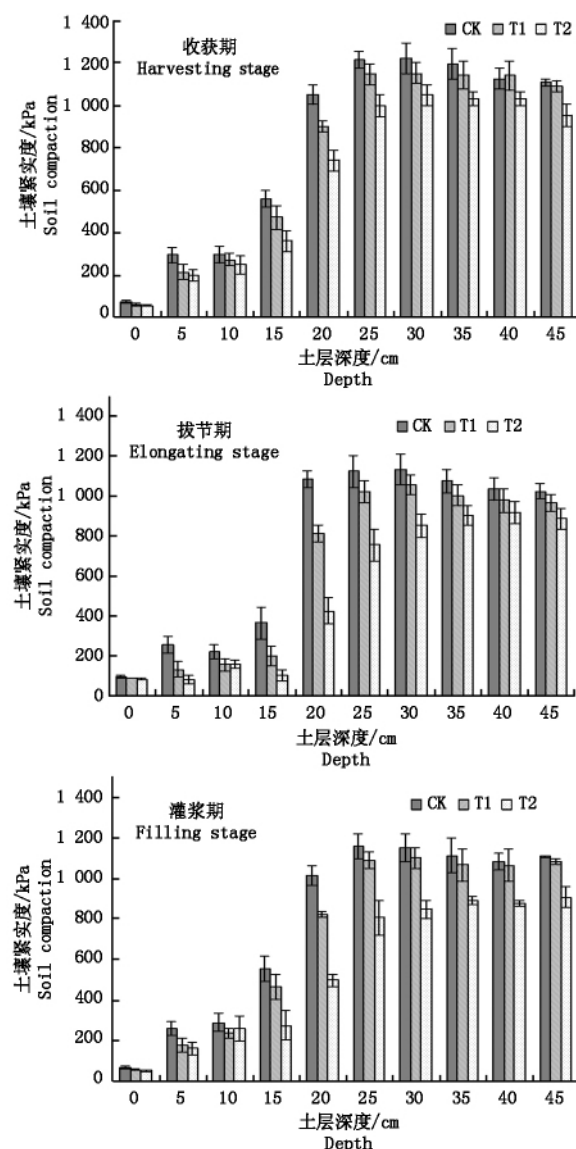


图 2 深松方式对土壤紧实度的影响

Fig. 2 Effect of deep loosening mode on soil compaction

2.3 深松方式对土壤含水量的影响

图 3 为深松后各层土壤含水量的变化。由图 3 可见, 随着土层深度的增加, 0~30 cm 土壤含水量逐渐升高, 30 cm 以下各层土壤含水量无显著差异。0~10 cm 的土壤含水量为 T1 最高, 其次为 T2 与 CK; 10~40 cm 的土壤含水量 CK 显著大于 T1 与

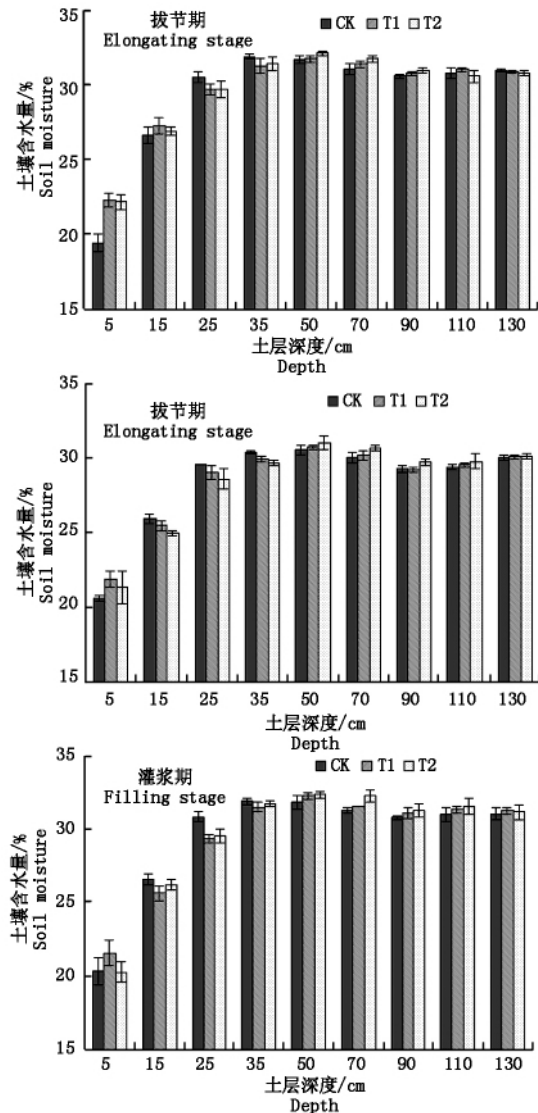


图3 深松方式对土壤含水量的影响

Fig.3 Effect of deep loosening mode on soil water content

表1 深松方式对玉米根系纵向分布的影响

Tab.1 Effect of deep Loosening mode on vertical root in soil of maize

土壤深度/cm Soil depth	处理 Treatment	根系干质量/g Root dry matter	根长密度/(cm/m) Root length density	根系表面积/cm ² Root surface
0~10	CK	8.63aA	5 597.93aA	1 187.52aA
	T1	8.01aA	5 417.93bB	1 099.97aA
	T2	8.29aA	5 334.32cB	1 107.09aA
10~20	CK	0.94bB	2 060.70aA	420.31bA
	T1	1.57aA	2 037.73aA	517.86aA
	T2	0.87cC	1 905.53bB	414.71bA
20~30	CK	0.3aA	506.71bA	132.00aA
	T1	0.33aA	595.33aA	163.05aA
	T2	0.29aA	567.96abA	161.13aA
30~40	CK	0.09cC	332.03bB	75.01bA
	T1	0.15bB	462.56aA	94.67abA
	T2	0.18aA	498.64aA	97.84aA
40~50	CK	0.03cC	105.13cC	23.87bB
	T1	0.09bB	316.39bB	61.57aA
	T2	0.1aA	326.09aA	63.38aA

注: 同列数据后不同大、小字母者分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。表 2 3 同。

Note: Capital and small letters after data in the same column mean significant difference at 0.01 and 0.05 levels. The same as Tab.2 3.

T2($F > F_{0.05}$), T1 与 T2 无显著差异。40 ~ 100 cm 土壤含水量为 T2 > T1 > CK。100 ~ 140 cm 3 种耕作措施的土壤含水量无显著差异。说明深松提高了水分在土壤中的入渗能力, 虽然使深松层的土壤含水量降低, 但提高了深松层以下土壤的蓄水能力。

2.4 深松方式对根系分布的影响

表 1 与表 2 为不同处理根系在土壤中的分布, 根系干质量、根长密度、根系表面积均随着土壤深度的增加或距植株距离的增加而减少, 深松与不深松及深松方式间存在差异。其中, 不深松的根系很大比例均集中分布在纵向 0 ~ 20 cm 的深度范围内, 根系干质量、根长密度、根系表面积在土层 0 ~ 20 cm 所占比例为 95.8%、97.5%、87.4%。T1 为 94.4%、84%、83.5%。T2 为 94.1%、83.8%、82.5%。20 cm 以下, 根系干质量、根长密度、根系表面积 T1 与 T2 均大于 CK, 30 ~ 50 cm 差异显著。深松处理间在纵向 10 ~ 30 cm 的深度范围内 T1 > T2, 30 ~ 50 cm T1 < T2。在距离植株的横向范围内 0 ~ 10 cm T1 > T2, 10 ~ 30 cm T1 < T2。说明深松增加了根系在土壤中横向与纵向的分布范围, 有利于植株对水分和养分的吸收。深松处理间行行深松的根系向植株两侧的分布范围大于隔行深松, 而隔行深松的根系向纵向分布的范围大于行行深松, 在土壤中分布较为均匀。

2.5 深松方式对根系伤流强度、倒伏及产量的影响

根系伤流强度可作为根系活力的指标, 比较准确地反映根系活性的变化^[22], 伤流强度是指单位时间内植株流出的伤流液量^[23]。由表 3 可见, 深松后根系伤流强度极显著升高, 而且 T1 极显著大于 T2。

说明深松后根系在土壤中分布均匀,根系活力旺盛。T1 对土壤根系活力的促进作用大于 T2。深松后植株倒伏率降低,T2 倒伏率小于 CK 但差异不显著,而 T1 倒伏率极显著低于 T2 和 CK,说明隔行深松有利于根系的稳固和下扎,减少根倒的发生。深松主要通过增加百粒质量来影响产量,对穗粒数的影响不显著。深松后每公顷产量显著增加,T1 与 T2 无显著差异。

表 2 深松方式对根系横向分布的影响

Tab. 2 Effect of deep Loosening mode on horizontal root in soil of maize				
土壤深度/cm Soil depth	处理 Treatment	根系干质量/g Root dry matter	根长密度/(cm/m) Root length density	根系表面积/cm ² Root surface
0 ~ 10	CK	7.81bB	4 366.03bB	1 107.18bB
	T1	8.38aA	4 476.14aA	1 200.09aA
	T2	7.74bB	4 326.11cB	1 049.20cC
10 ~ 20	CK	1.93aA	3 325.42bB	627.37aA
	T1	1.48bB	3 377.19aA	600.16bB
	T2	1.64bB	3 261.42cC	612.20abAB
20 ~ 30	CK	0.25bB	911.05bB	104.16cC
	T1	0.29bAB	976.60abAB	136.87bB
	T2	0.35aA	1 045.01aA	182.74aA

表 3 深松方式对根系伤流强度、倒伏及产量的影响

Tab. 3 Effect of deep Loosening mode on root bleeding intensity lodging and yield					
处理 Treatment	根系伤流强度/(g/h) Root bleeding intensity	倒伏率/% Lodging rate	穗粒数/粒 Kernel numbers per ear	百粒质量/g 100-grain weight	产量/(kg/hm ²) Yield
CK	2.27cC	8.97aA	540.89aA	30.85bA	1 1628.14bA
T1	2.99aA	6.07bB	538.65aA	31.83aA	1 2177.32aA
T2	2.53bB	8.29aA	547.29aA	32.20aA	1 2263.56aA

3 结论与讨论

3.1 深松方式对土壤容重的影响

由于长时间耕作方式不合理,犁底层变硬,耕层变浅。深松能打破犁底层,降低其密度,提高作物产量和水分利用效率^[11]。梁金凤^[24]研究表明,深松耕作对表层土壤(0 ~ 25 cm)容重降低作用大于深层土壤(25 ~ 45 cm)。由本研究结果可知,深松使 10 ~ 30 cm 的土壤容重显著降低,而 30 ~ 50 cm 差异不明显,T2(行行深松)对土壤容重的降低作用大于 T1(隔行深松)。

3.2 深松方式对土壤紧实度的影响

本研究结果表明:犁底层存在于土层 15 ~ 20 cm 之间,土层 20 cm 的土壤紧实度 CK 平均为 1 049 kPa,而深松使土壤紧实度极显著降低,T1(隔行深松)与 T2(行行深松)在土层 20 cm 土壤紧实度平均为 845 kPa 和 555 kPa,较不深松分别下降了 19.4% 和 47.1%。因此,深松可以有效打破犁底层,深松处理间对打破犁底层的作用 T2(行行深松)大于 T1(隔行深松)。

3.3 深松方式对土壤含水量的影响

深松可提高土壤含水量,有利于土壤通气、透水,提高了土壤蓄水保水能力,减少降雨径流,扩大

了土壤水库容。深松蓄水保墒的功能与深松条件下土壤容重的减少密切相关^[9]。根据本试验研究结果,深松后土层 10 ~ 30 cm 土壤容重降低,进而土壤透水性增加,土壤含水量降低,而土层 40 ~ 100 cm 土壤含水量升高。因此,深松能增强上层土壤对降雨的入渗能力,对土壤深层蓄水有一定的促进作用,T2(行行深松)的蓄水效果大于 T1(隔行深松)。

3.4 深松方式对根系分布的影响

紧实胁迫严重限制了根系生长、分布和吸收功能以及产量形成^[16]。李潮海^[17]研究表明,随着土壤容重的增加,玉米根条数、根干质量、根长和根系活力都呈现减少的趋势,且容重越大,减少的趋势越显著。深松可以改善根系生长的生态条件,促进根系生长,使根干质量显著增加。而且,打破犁底层后,各层土壤中根量分布都有明显的下移趋势^[12]。本研究结果表明,不深松处理由于犁底层的存在而根系向下生长受阻,伸长生长受到抑制,很大比例的根系集中分布在 0 ~ 20 cm 的表层土壤范围内,20 cm 以下分布较少。深松后犁底层被打破,表层土壤中的根系分布与不深松相比相对减少,较多根系向下伸长生长,20 cm 以下根干质量、根长密度和根系体积均大于不深松。从整个剖面根长密度、根系干质量和根系体积的总和来看,均表现为 T1(隔行深松)

>T2(行行深松) >CK(不深松)。因此,土壤过松过紧都不利于根系生长,只有合理的土壤结构,才有利于根系生长发育。

3.5 深松方式对根系伤流强度、倒伏及产量的影响

伤流液的多少与根系活力、吸收能力强弱以及土壤条件有着密切的关系,因此,伤流量是根系活力的重要指标。通过深松后根系伤流强度的研究结果可知,深松后根系活力增加,进而吸收更多的有机物质用于产量的形成,所以深松对增产有一定的促进作用。2 种深松方式间产量差异不显著,但均显著大于不深松处理,隔行深松对根系生长发育的促进作用大于行行深松。因此,通过隔行深松可以构建合理的耕层结构,打破犁底层,有利于根系的固定和下扎,使根系在土壤中合理分布,提高根系吸收水分和养分的能力,并且降低倒伏率,对增产有一定的促进作用。

隔行深松与行行深松相比,通过间隔深松减少了机械动力消耗,高产高效。由于本试验只对当年的深松效果进行了分析研究,而深松对翌年的后效作用,以及深松后地上部分的响应则有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 边少锋,马虹,薛飞,等.吉林省西部半干旱区深松蓄水耕作技术研究[J].玉米科学,2000,8(1):67-68.
- [2] 赵红岩,李钦,王洪利.东北黑土区的土壤深松与玉米增产[J].东北农机,2008(9):64-65.
- [3] 丁昆仑.深松耕作对土壤水分物理特性作物生长的影响[J].中国农村水利水电,1997(7):13-16.
- [4] 郑东辉,王保民,王雪峰.机械超深松的作用与发展[J].农机化研究,2005(5):288.
- [5] 孙东越.中耕深松技术保水能力试验研究[J].农业科技与装备,2007(6):31-32.
- [6] Diaz-Zorita M. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity[J]. Soil & Tillage Research 2000,54:11-19.
- [7] 黄健,王爱文,张艳茹,等.玉米宽窄行轮换种植、条带深松、留高茬新耕作制对土壤性状的影响[J].土壤通报,2002,33(3):168-171.
- [8] 孙毅,马宏,丁汉忱,等.吉林省西部机播保苗综合增产技术研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(3):35-40.
- [9] 秦红灵,高旺盛,马月存,等.两年免耕后深松对土壤水分的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):78-85.
- [10] 宋日,吴春胜,牟金明,等.深松土对玉米根系生长发育的影响[J].吉林农业大学学报,2000,22(4):73-75,80.
- [11] 刘朝巍,谢瑞芝,张恩和,等.玉米宽窄行交替休闲种植根系分布规律研究[J].玉米科学,2009,17(2):120-123.
- [12] 孟庆秋,谢佳贵,胡会军,等.土壤深松对玉米产量及其构成因素的影响[J].吉林农业科学,2000,25(2):25-28.
- [13] 丁昆仑,Hann M J.耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J].农业工程学报,2000,16(3):28-31.
- [14] Busscher W J,Bauer P J,Frederick J R. Deep tillage management for high strength southeastern USA Coastal Plain soils[J]. Soil & Tillage Research 2006(85):178-185.
- [15] Motavalli P P,Stevens W E,Hartwig G. Remediation of subsoil compaction and compaction effects on corn N availability by deep tillage and application of poultry manure in a sandy-textured soil[J]. Soil & Tillage Research 2003,71:121-131.
- [16] 王群,李潮海,李全忠,等.紧实胁迫对不同类型土壤玉米根系时空分布及活力的影响[J].中国农业科学,2011,44(10):2039-2050.
- [17] 李潮海,李胜利,王群,等.下层土壤容重对玉米根系生长及吸收活力的影响[J].中国农业科学,2005,38(8):1706-1711.
- [18] 吴春胜,宋日,李健毅,等.栽培措施对玉米根系生长状况影响[J].玉米科学,2001,9(2):56-58.
- [19] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:中国农业出版社,1992:137.
- [20] 李志洪,王淑华.土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J].土壤通报,2000,31(2):55-57.
- [21] 刘爽,何文清,严昌荣,等.不同耕作措施对旱地农田土壤物理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):65-70.
- [22] 沈波,王熹.粳籼亚种间杂交稻根系伤流强度的变化规律及其与叶片生理状况的相互关系[J].中国水稻科学,2000,14(2):122-124.
- [23] 赵全志,黄丕生,凌启鸿,等.水稻颖花伤流量与群体质量的关系[J].南京农业大学学报,2000,23(3):9-12.
- [24] 梁金凤,齐庆振,贾小红,等.不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响[J].生态环境学报,2010,19(4):945-950.