

深松(耕)时机与方式对土壤物理 性状和玉米产量的影响

刘卫玲¹,程思贤¹,周金龙¹,王川锋²,周亚男¹,王 群^{1,3,4},赵亚丽^{1,3,4*},李潮海^{1,3,4*}
(1. 河南农业大学 农学院,河南 郑州 450002; 2. 河南丰德康种业有限公司,河南 郑州 450000;
3. 河南粮食作物协同创新中心,河南 郑州 450002; 4. 小麦玉米作物学国家重点实验室,河南 郑州 450002)

摘要:设计秋季旋耕+夏季免耕(对照)、秋季深松+夏季免耕、秋季深耕+夏季免耕、秋季深耕+夏季下位深松和秋季深耕+夏季侧位深松共5个处理,研究深松(耕)时机与方式对砂姜黑土土壤紧实度、土壤容重、土壤含水量、玉米干质量和产量的影响,筛选砂姜黑土区适宜的深松(耕)时机和方式。结果表明,秋季深松+夏季免耕、秋季深耕+夏季免耕和秋季深耕+夏季深松处理能显著降低土壤紧实度和土壤容重,增加土壤含水量,促进玉米地上部生长,进而增加玉米产量。秋季深耕+夏季深松处理对土壤耕层的改良效果和玉米产量均高于秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕。5个处理中,以秋季深耕+夏季侧位深松处理对土壤耕层特性的改良效果最好,玉米地上部干质量和产量最高。秋季深耕+夏季侧位深松处理的土壤紧实度和土壤容重比秋季旋耕+夏季免耕处理分别降低29.0%和12.7%,土壤含水量增加7.8%,玉米产量增加15.5%。在5个不同的深松(耕)时机和方式处理中,秋季深耕+夏季侧位深松处理对土壤的改良效果最好,玉米产量最高。因此,秋季深耕+夏季侧位深松是砂姜黑土区适宜的深松(耕)时机和方式。

关键词:深松(耕)时机;深松(耕)方式;土壤紧实度;玉米;产量

中图分类号: S513;S157.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2018)03-0007-07

Effects of Time and Pattern of Deep Tillage(Subsoiling) on Soil Physical Properties and Maize Yield

LIU Weiling¹,CHENG Sixian¹,ZHOU Jinlong¹,WANG Chuanfeng²,
ZHOU Ya'nan¹,WANG Qun^{1,3,4},ZHAO Yali^{1,3,4*},LI Chaohai^{1,3,4*}

(1. Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Fengdekang Seed Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China; 3. Collaborative Innovation Center of Henan Grain Crops, Zhengzhou 450002, China; 4. State Key Laboratory of Wheat and Maize Crop Science, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Five treatments, namely, rotary tillage in autumn + no-tillage in summer (ART + SNT, CK), subsoiling in autumn + no-tillage in summer (ASS + SNT), deep mouldboard ploughing in autumn + no-tillage in summer (ADT + SNT), deep mouldboard ploughing in autumn and sublevel subsoiling in summer (ADT + SSSS), deep mouldboard ploughing in autumn and lateral subsoiling in summer (ADT + SSSL) were carried out to investigate the effect of time and pattern of deep tillage (subsoiling) on soil density, soil bulk density, soil moisture, dry matter accumulation and yield of maize, and identify the suitable tillage system in lime concretion black soil. The results showed that, ASS + SNT, ADT + SNT and

收稿日期:2017-11-10
基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201503117);国家重点研发计划项目(2016YFD0300106);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-02-17)
作者简介:刘卫玲(1990-)女,河南开封人,在读硕士研究生,研究方向:玉米生理生态。E-mail:961665694@qq.com
* 通讯作者:赵亚丽(1980-),女,河南许昌人,副教授,博士,主要从事玉米生理生态研究。E-mail:zhaoyali2006@126.com
李潮海(1956-),男,河南巩义人,教授,博士,主要从事玉米生理生态研究。E-mail:lichao hai2005@163.com

ADT + SSS significantly reduced soil density and soil bulk density, increased soil moisture, promoted plant growth of maize, thus increased maize yield. The improvement effects on soil character of ADT + SSS treatment was better than single deep tillage in autumn. In the five treatments, the improvement effects on soil physical characters of ADT + SSSL treatment was the best, and the dry matter accumulation and yield were the highest. The soil penetration resistance and soil bulk density of ADT + SSSL treatment were 29.0% and 12.7%, respectively, lower than that of ART + SNT treatment, while the soil moisture and maize yield of ADT + SSSL treatment were 7.8% and 15.5%, respectively, higher than that of ART + SNT treatment. In the five treatments of different deep tillage time and pattern, the improvement effects on soil physical characters and maize yield of ADT + SSSL treatment was the highest. Thus, the deep mouldboard ploughing in autumn combined with lateral subsoiling in summer was the suitable time and pattern of deep tillage in lime concretion black soil.

Key words: Deep tillage (subsoiling) time; Deep tillage (subsoiling) pattern; Soil density; Maize; Yield

砂姜黑土是河南省的主要土壤类型之一, 主要分布在河南省南部, 面积达 126.7 万 hm^2 , 占全省耕地面积的 1/4, 属于典型的中低产田^[1]。砂姜黑土具有理化性质差、耕层浅薄、犁底层厚、适耕期短、有机质含量低等特点, 不利于作物的根系生长和产量提高^[2-3]。该土区常年采用冬小麦播前旋耕、夏玉米免耕直播的耕作方式, 导致砂姜黑土的耕层结构日益恶化, 严重限制了作物产量的提高。研究结果表明, 深松(耕)在一定程度上可以打破犁底层、降低土壤容重、增加土壤透性和含水量^[4-9], 改善土壤理化性状, 增加深层根系分布, 提高作物产量^[10-16]。秋季深松可以打破犁底层、降低土壤容重, 保障夏玉米根系的正常生长^[17]。而夏季深松有利于夏玉米根系向深处延伸生长^[18], 增加植株干质量^[19], 特别是开花后期的干物质积累量^[20]。目前, 前人主要研究单一的深松(耕)方式或单一的深松(耕)时机对土壤的改良和对作物生长发育的影响, 关于深松(耕)时机与深松(耕)方式结合的研究鲜有报道, 不同深松(耕)时机与深松(耕)方式结合对砂姜黑土的改良效应和对作物的增产效应尚不明确。为此, 基于多年深松(耕)定位试验, 研究不同深松(耕)时机与深松(耕)方式对砂姜黑土土壤容重、土壤含水量、土壤紧实度、玉米干物质积累和产量的影响, 以明确砂姜黑土区适宜的深松(耕)时机与深松(耕)方式。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2014—2017 年在河南省驻马店西平县二郎乡张尧村河南农业大学试验基地(33°19'48"N、114°01'01"E)进行。该区地处河南省南部, 平均海拔 72.3 m, 年平均气温 16.0 ℃, 无霜期 221 d, 年平均降雨量 852 mm。属于冬小麦—夏玉米一年两熟

制, 秋季小麦播前旋耕、夏季玉米免耕播种是当地的传统耕作方式。供试土壤属于砂姜黑土, 耕层土壤基础养分: 有机质 12.39 g/kg、全氮 1.18 g/kg、有效磷 20.12 mg/kg、速效钾 94.66 mg/kg。土壤物理机械组成: 砂粒 18.60%、粉粒 42.20%、黏粒 39.20%。

1.2 试验设计

试验设置 5 个冬小麦—夏玉米周年耕作处理, 即秋季旋耕 + 夏季免耕 (ART + SNT, 对照)、秋季深松 + 夏季免耕 (ASS + SNT)、秋季深耕 + 夏季免耕 (ADT + SNT)、秋季深耕 + 夏季下位深松 (ADT + SSSS) 和秋季深耕 + 夏季侧位深松 (ADT + SSSL)。2014 年秋季, 小麦播种前开始进行定位试验。所有秋季耕作处理均在每年冬小麦播种前进行, 旋耕处理耕作深度为 10 ~ 15 cm, 深松(耕)处理耕作深度均为 30 cm。夏季侧位深松和下位深松处理在夏玉米播种时采用深松播种机进行, 深松深度为 30 cm, 侧位深松带距离播种带横向距离为 10 cm, 下位深松带位于播种带正下方。采用大区对比法, 每个处理面积为 10.8 m × 100 m。玉米品种均为豫单 606, 种植密度 60 000 株/ hm^2 , 行距为 60 cm。2015 年 6 月 8 日播种, 10 月 2 日收获; 2016 年 6 月 5 日播种, 10 月 1 日收获; 2017 年 6 月 8 日播种, 10 月 1 日收获。玉米播种时施 N 180 kg/ hm^2 、 P_2O_5 90 kg/ hm^2 、 K_2O 90 kg/ hm^2 , 大喇叭口期追施尿素 75 kg/ hm^2 。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤容重和含水量 玉米成熟期, 每个处理选择 3 个具有代表性的区域, 用环刀法测定 0 ~ 15、15 ~ 30、30 ~ 40、40 ~ 50、50 ~ 60 cm 土层土壤容重。并用土钻采集相同土层的土壤, 去除杂物, 同一小区同一土层混合均匀, 装入铝盒称土壤鲜质量, 然后 110 ℃烘干至恒质量, 称质量, 计算土壤含水量。土壤含水量 = (土壤鲜质量 - 土壤干质量) / 土壤干质量 × 100%^[21]。

1.3.2 土壤紧实度 玉米成熟期,每个处理选择 3 个具有代表性的区域,采用美国产 SC900 土壤坚实度仪测定 0~45 cm 土壤紧实度。

1.3.3 干质量 玉米开花期,每个处理选择 3 个具有代表性的区域,每个区域选取长势均匀一致的 3 个植株,分别测定植株株高、穗位高和茎粗。玉米成熟期,每个处理选择 3 个具有代表性的区域,每个区域选取长势均匀一致的 3 个植株,取地上部分,105 ℃ 杀青 30 min 后,65 ℃ 烘至恒质量,测定干质量。

1.3.4 产量 玉米成熟期,每处理收获双行 20 个果穗,3 次重复,考种,脱粒,风干,称质量计产。

1.4 数据分析

利用 Excle 2010 和 SPSS 19.0 软件进行试验数据处理和分析,利用 SigmaPlot 12.5 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 深松(耕)时机与方式对土壤耕层特性的影响

2.1.1 不同因素及其交互作用对土壤物理性状的影响 由表 1 可知,年份对土壤容重存在显著影响,对土壤含水量和紧实度存在极显著影响;耕作和土层对土壤容重、土壤含水量和土壤紧实度均存在极显著影响。在两因素交互作用中,除年份×耕作对土壤容重和土壤含水量、耕作×土层对土壤含水量影响不显著外,年份×耕作对土壤紧实度、耕作×土层和年份×土层对土壤容重、土壤含水量和土壤紧实度均存在极显著影响。年份×耕作×土层对土壤含水量存在显著影响,年份×耕作×土层对土壤容重和土壤紧实度均存在极显著影响。

表 1 不同因素及其交互作用对土壤物理性状影响的方差分析

变异来源	土壤容重		土壤含水量		土壤紧实度	
	均方差	P	均方差	P	均方差	P
年份	0.198	0.038	386.493	<0.001	47 238 100.084	<0.001
耕作	0.126	<0.001	12.210	<0.001	9 475 197.816	0.003
土层	0.422	0.003	77.491	<0.001	10 646 135.460	<0.001
年份×耕作	0.002	0.566	0.329	0.579	948 617.624	<0.001
年份×土层	0.039	<0.001	3.340	<0.001	622 401.940	<0.001
耕作×土层	0.016	<0.001	0.478	0.312	186 446.910	<0.001
年份×耕作×土层	0.003	<0.001	0.394	0.022	106 990.201	0.003

2.1.2 深松(耕)时机与方式对土壤紧实度的影响

由图 1 可知,对于 3 个秋季耕作处理,秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕处理的土壤紧实度比秋季旋耕+夏季免耕处理分别降低 12.1% 和 23.0%,且秋季深松+夏季免耕处理与秋季深耕+夏季免耕处理差异显著($P<0.05$)。秋季深耕条件下,对于 3 个夏季耕作处理,秋季深耕+夏季侧位深松处理的土壤紧实度比秋季深耕+夏季免耕处理降低 7.9%,且差异显著($P<0.05$)。与秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕处理相比,秋季深耕+夏季深松处理的土壤紧实度分别降低 15.2% 和 3.3%。其中,秋季深耕+夏季侧位深松处理的土壤紧实度总体上最低,比秋季旋耕+夏季免耕处理显著降低 29.0% ($P<0.05$)。表明秋季深耕+夏季侧位深松处理对土壤紧实度的缓解效果最好。

2.1.3 深松(耕)时机与方式对土壤容重的影响

由表 2 可知,玉米成熟期,总体上 0~60 cm 土层土壤容重逐年降低,以秋季旋耕+夏季免耕处理最高,秋季深耕+夏季侧位深松处理最低。对于 3 个秋季耕作处理,秋季深松+夏季免耕、秋季深耕+夏季免耕和秋季深耕+夏季深松处理主要降低了 0~

40 cm 土层土壤容重。秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕处理 0~40 cm 土层土壤容重分别比秋季旋耕+夏季免耕处理降低 5.6% 和 9.9%,且秋季深耕+夏季免耕处理降低效应大于秋季深松+夏季免耕处理。与秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕处理相比,秋季深耕+夏季深松处理 0~40 cm 土层土壤容重分别降低 6.3% 和 1.9%。其中,秋季深耕+夏季侧位深松处理 0~40 cm 土层土壤容重总体最低,分别比秋季深耕+夏季免耕和秋季旋耕+夏季免耕处理降低了 3.1% 和 12.7%。表明秋季深耕+夏季侧位深松处理降低土壤容重的效果最好。

2.1.4 深松(耕)时机与方式对土壤含水量的影响

由图 2 可知,秋季深松+夏季免耕、秋季深耕+夏季免耕、秋季深耕+夏季深松和秋季旋耕+夏季免耕处理间土壤含水量的差异逐年增加。对于 3 个秋季耕作处理,秋季深松+夏季免耕和秋季深耕+夏季免耕处理 0~60 cm 土层土壤含水量分别比秋季旋耕+夏季免耕处理增加 3.6% 和 3.7%。秋季深耕条件下,3 个夏季耕作处理的土壤含水量总体表现为:秋季深耕+夏季侧位深松>秋季深耕+夏季下

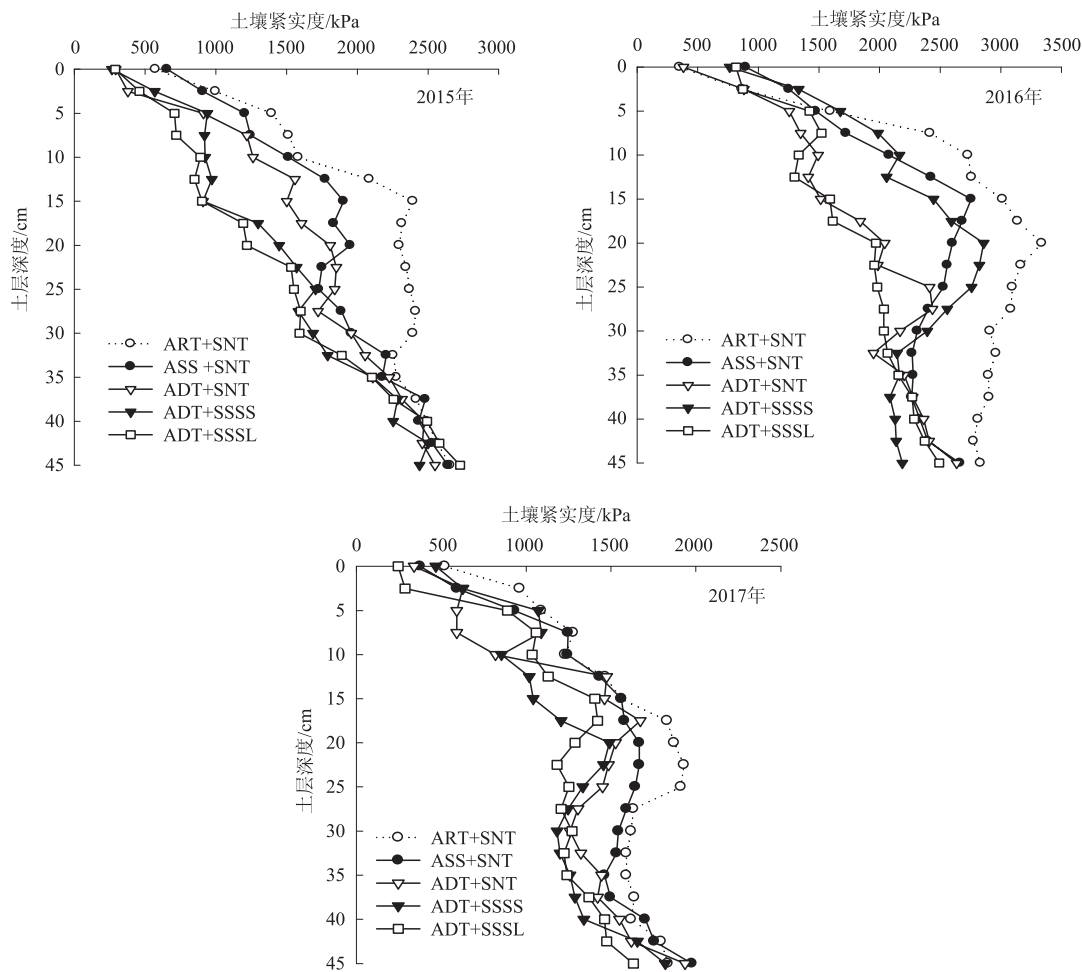


图 1 深松 (耕) 时机与方式对土壤紧实度的影响

表 2 深松 (耕) 时机与方式对土壤容重的影响 g/cm³

年份	处理	土层深度/cm				
		0 ~ 15	15 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60
2015	ART + SNT	1.48a	1.61a	1.66a	1.69a	1.66a
	ASS + SNT	1.39b	1.52b	1.65a	1.65a	1.67a
	ADT + SNT	1.27c	1.36d	1.65a	1.64a	1.66a
	ADT + SSSS	1.28c	1.45c	1.60b	1.59b	1.66a
	ADT + SSSL	1.23c	1.40cd	1.53c	1.59b	1.65a
2016	ART + SNT	1.41a	1.62a	1.59a	1.59a	1.58a
	ASS + SNT	1.36a	1.54b	1.44b	1.52a	1.56a
	ADT + SNT	1.26b	1.45c	1.40b	1.55a	1.57a
	ADT + SSSS	1.25b	1.45c	1.44b	1.52a	1.58a
	ADT + SSSL	1.24b	1.38d	1.45b	1.55a	1.56a
2017	ART + SNT	1.54a	1.57a	1.54a	1.53a	1.49a
	ASS + SNT	1.38b	1.50a	1.45b	1.45b	1.47a
	ADT + SNT	1.37b	1.44ab	1.43b	1.47ab	1.48a
	ADT + SSSS	1.23c	1.39b	1.45b	1.47ab	1.48a
	ADT + SSSL	1.22c	1.37b	1.42b	1.45b	1.47a

注:同列数据后不同小写字母表示同一年份不同处理在 0.05 水平差异显著,下同。

位深松 > 秋季深耕 + 夏季免耕。与单一秋季深松 + 夏季免耕和秋季深耕 + 夏季免耕处理相比,秋季深耕 + 夏季深松处理的土壤含水量分别增加 2.3% 和 2.2%。其中,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理的土壤含水量总体最高,比秋季旋耕 + 夏季免耕处理显著高 7.8% ($P < 0.05$)。因此,秋季深耕 + 夏季侧位深

松处理的土壤含水量最高,有利于土壤蓄水保墒。
2.2 深松 (耕) 时机与方式对玉米地上部生长的影响

由表 3 可知,秋季深松 + 夏季免耕、秋季深耕 + 夏季免耕和秋季深耕 + 夏季深松处理可以增加玉米株高和茎粗,降低穗位高,增加地上部干质量。对于

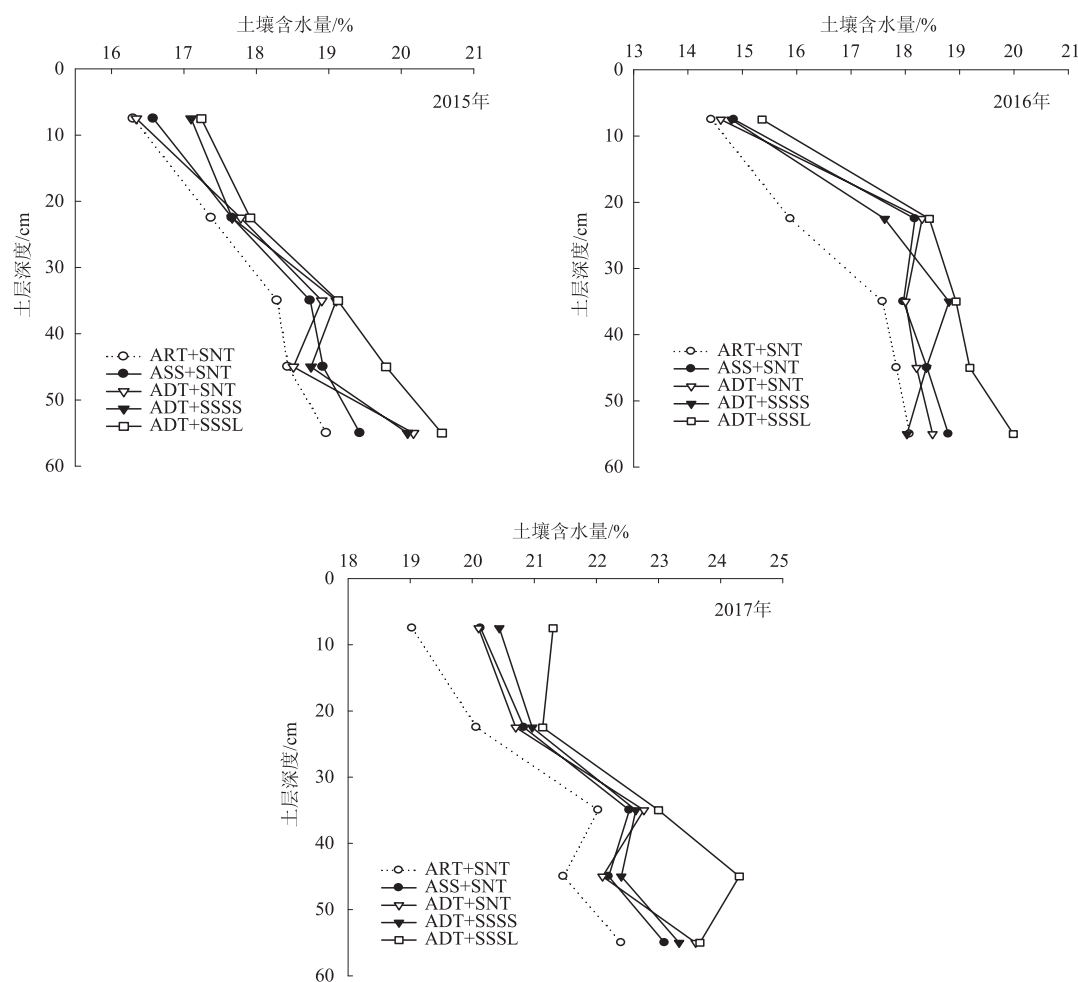


图 2 深松(耕)时机与方式对土壤含水量的影响

表 3 深松(耕)时机与方式对玉米地上部生长的影响

年份	处理	株高/cm	穗位高/ cm	茎粗/ mm	干质量/ (t/hm ²)
2015	ART + SNT	269.7b	133.2a	22.8c	16.2b
	ASS + SNT	294.0a	115.2b	25.2bc	18.7ab
	ADT + SNT	282.0ab	132.5a	24.1bc	18.7ab
	ADT + SSSS	280.0ab	115.2b	26.6ab	20.4a
	ADT + SSSL	278.3ab	118.2b	29.1a	20.8a
2016	ART + SNT	304.5a	123.7a	23.4d	18.3c
	ASS + SNT	304.1ab	119.4b	23.4d	19.2b
	ADT + SNT	303.5ab	119.7b	23.8c	19.3b
	ADT + SSSS	303.3b	119.3b	24.2b	19.7b
	ADT + SSSL	301.5c	106.1c	24.5a	21.3a

3 个秋季耕作处理,与秋季旋耕 + 夏季免耕处理相比,秋季深松 + 夏季免耕处理使玉米株高和茎粗分别增加 4.2% 和 5.2%,穗位高降低 8.7%,地上部干质量增加 9.9%。秋季深耕 + 夏季免耕处理使玉米株高和茎粗分别增加 2.0% 和 3.7%,穗位高降低 1.8%,地上部干质量增加 10.1%。秋季深耕条件下,对于 3 个夏季耕作处理,秋季深耕 + 夏季下位深松和秋季深耕 + 夏季侧位深松处理的茎粗比秋季深耕 + 夏季免耕处理分别高 6.1% 和 11.9%,穗位高分别低 6.9% 和 11.0%,地上部干质量分别高

5.5% 和 10.8%,处理间株高的差异不显著。与秋季深松 + 夏季免耕和秋季深耕 + 夏季免耕处理相比,秋季深耕 + 夏季深松处理玉米茎粗增加 7.4% 和 9.0%,穗位高降低 2.2% 和 9.0%,地上部干质量增加 8.4% 和 8.2%。其中,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理的地上部干质量最高,比秋季旋耕 + 夏季免耕处理显著高 22.4%。因此,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理有利于玉米地上部生长。

2.3 深松(耕)时机与方式对玉米产量的影响

由表 4 可知,秋季深松 + 夏季免耕、秋季深耕 + 夏季免耕和秋季深耕 + 夏季深松处理可以优化玉米产量构成因素,增加玉米产量。对于 3 个秋季耕作处理,与秋季旋耕 + 夏季免耕处理相比,秋季深松 + 夏季免耕处理的穗长、穗粗、行粒数、百粒质量及产量分别提高 2.8%、2.9%、4.6%、2.8% 和 9.7%。秋季深耕 + 夏季免耕处理的穗长、穗粗、行粒数、百粒质量及产量分别提高 2.1%、1.7%、5.1%、1.1% 和 9.8%。与秋季深松 + 夏季免耕和秋季深耕 + 夏季免耕处理相比,秋季深耕 + 夏季深松处理的穗长提高 3.9% 和 4.6%、行粒数增加 4.7% 和 4.1%、百

粒质量增加 0.7% 和 2.3% 及产量提高 2.6% 和 2.6%。其中,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理的玉米产量最高,比秋季深耕 + 夏季免耕处理高 4.1%,比秋季旋耕 + 夏季免耕处理高 15.5%。因此,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理最有利于产量的提高。

表 4 深松(耕)时机与方式对玉米产量及产量构成因素的影响

年份	处理	穗长/cm	穗粗/mm	行粒数	百粒质量/g	产量/(t/hm ²)
2015	ART + SNT	17.58c	51.97b	33.83a	35.50c	9.20b
	ASS + SNT	18.01b	53.00a	34.33a	37.71b	10.01a
	ADT + SNT	17.58c	52.16b	33.75a	36.17bc	9.93a
	ADT + SSSS	18.40a	52.97a	34.25a	38.08b	10.17a
	ADT + SSSL	18.25a	53.20a	34.44a	38.60a	10.36a
2016	ART + SNT	18.57b	47.55d	28.13c	29.24b	7.22b
	ASS + SNT	18.80a	49.35a	29.87b	29.82a	7.74a
	ADT + SNT	18.65a	48.31b	31.27a	29.36b	7.81a
	ADT + SSSS	18.72a	47.79c	30.00b	29.42b	7.50b
	ADT + SSSL	18.83a	47.79c	31.60a	29.90a	7.91a
2017	ART + SNT	15.27c	50.79a	27.67c	37.18a	4.91c
	ASS + SNT	16.06b	52.33a	29.53b	37.20a	5.65b
	ADT + SNT	16.27b	52.37a	29.20b	37.52a	5.67b
	ADT + SSSS	17.63a	52.38a	32.53a	37.44a	6.00a
	ADT + SSSL	18.05a	53.12a	33.40a	37.40a	6.10a

2.4 土壤物理性状与玉米产量的相关分析

由表 5 可知,玉米产量与土壤含水量呈显著正相关,而玉米产量与土壤容重、土壤紧实度分别呈极显著、显著负相关。土壤容重与土壤紧实度呈极显著正相关,且二者与土壤含水量均呈显著负相关。表明砂姜黑土的土壤含水量越高,土壤容重和土壤紧实度越低,玉米产量越高。

表 5 砂姜黑土土壤物理性状与产量的相关系数

性状	土壤容重	土壤含水量	土壤紧实度	产量
土壤容重	1.000			
土壤含水量	-0.945 *	1.000		
土壤紧实度	0.989 **	-0.914 *	1.000	
产量	-0.973 **	0.953 *	-0.936 *	1.000

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平(双侧)上显著、极显著相关。

3 结论与讨论

深松整地可以降低土壤容重,提高土壤含水量,尤其 15 ~ 35 cm 深层土壤含水量,蓄水保墒效果显著^[22-24]。但单一深松耕作会使耕层土壤的持水能力降低^[25],而春季深松和夏季深松会增加旱地春玉米水分的蒸发^[26]。前人研究表明,小麦季深松的后效可以持续到玉米季^[27],而玉米季深松不仅能提高玉米季产量,其深松后效也能持续到小麦季,提高小麦产量^[28]。本研究表明,深松(耕)显著增加了土壤含水量,降低了土壤容重和土壤紧实度。3 个秋季耕作处理对土壤物理性状的改良效应表现为秋季深耕 + 夏季免耕 > 秋季深松 + 夏季免耕 > 秋季旋

耕 + 夏季免耕;秋季深耕条件下,3 个夏季耕作处理对土壤物理性状的改良效应表现为秋季深耕 + 侧位深松 > 秋季深耕 + 下位深松 > 秋季深耕 + 夏季免耕。其中,秋季深耕 + 侧位深松处理的土壤含水量分别比秋季深耕 + 夏季免耕和秋季旋耕 + 夏季免耕处理高 3.9% 和 7.9%,土壤紧实度分别低 7.9% 和 29.0%,土壤容重分别低 3.1% 和 12.7%。因此,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理对砂姜黑土土壤耕层的改良效果最好。

深松不仅可以增加玉米地上部干质量,还可以提高玉米根系干物质积累,进而增加玉米产量^[29-30]。与传统耕作相比,深松可以显著增加穗质量、穗粒数和百粒质量,改善玉米产量构成因素,提高玉米产量^[31-32]。本研究结果表明,深松(耕)通过改良砂姜黑土耕层特性,进而促进玉米生长发育,增加玉米产量。这与前人研究结果一致。3 个秋季耕作处理的增产效果表现为:秋季深耕 + 夏季免耕 > 秋季深松 + 夏季免耕 > 秋季旋耕 + 夏季免耕;秋季深耕条件下,3 个夏季耕作处理的增产效果表现为:秋季深耕 + 侧位深松 > 秋季深耕 + 下位深松 > 秋季深耕 + 夏季免耕。其中,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理的产量比秋季深耕 + 夏季免耕和秋季旋耕 + 夏季免耕处理分别高 10.8% 和 14.3%,与土壤耕层改良的效果一致。因此,秋季深耕 + 夏季侧位深松处理对玉米的增产效应最大。

综上,深松(耕)显著降低了土壤容重和土壤紧实度,增加了土壤含水量,促进植株地上部生长和干物质积累,提高了玉米产量。秋季深耕 + 夏季深松

处理的土壤改良效果和玉米产量均高于单一秋季深松(耕)处理。在5个不同的处理中,秋季深耕+夏季侧位深松处理对土壤的改良效果最好,玉米产量最高。因此,秋季深耕+夏季侧位深松是砂姜黑土区适宜的深松(耕)时机和方式。

参考文献:

- [1] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1998:601-617.
- [2] 曹承富,肖扬书,武际,等. 沿淮淮北砂姜黑土区小麦大面积超高产栽培理论与实践[J]. 农学学报,2014,4(9):13-18.
- [3] 王静. 砂姜黑土的形成特点与改良措施[J]. 现代农业科技,2013(5):252-253.
- [4] 杨雪,逢焕成,李铁冰,等. 深旋松耕作法对华北缺水土壤质黏潮土物理性状及作物生长的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(16):3401-3412.
- [5] Abuhamdeh N H. Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density[J]. Soil Science Society of America Journal,2003,67(4):1213-1219.
- [6] Henderson H D, Almassim M I A. Deep tillage in the Beqacvalley, Lebanon [J]. Transactions of the ASABE, 1981,23(6):1466-1470.
- [7] Benjamin J G. Tillage effects on near-surface soil hydraulic properties[J]. Soil & Tillage Research,1993,26(4):277-288.
- [8] 杜聪阳,杨习文,王勇,等. 不同耕作方式及施氮水平对砂姜黑土物理性状、微生物学特性及小麦产量的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(8):13-21.
- [9] 赵亚丽,薛志伟,郭海斌,等. 耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米耗水特性和水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(17):3359-3371.
- [10] 张瑞富,杨恒山,高聚林,等. 深松对春玉米根系形态特征和生理特性的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(5):78-84.
- [11] 赵亚丽,于淑,穆心愿,等. 深耕加秸秆还田下施氮量对土壤碳氮比、玉米产量及氮效率的影响[J]. 河南农业科学,2016,45(10):50-54.
- [12] 杨永辉,武继承,潘晓莹,等. 不同耕作保墒措施下施氮量对小麦耗水量、产量及水分生产效率的影响[J]. 河南农业科学,2016,45(4):61-65.
- [13] 齐华,刘明,张卫建,等. 深松方式对土壤物理性状及玉米根系分布的影响[J]. 华北农学报,2012,27(4):191-196.
- [14] 冯国艺,张谦,祁虹,等. 不同深耕时间对滨海盐碱棉田土壤理化性质及棉苗光合特性的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(2):34-38.
- [15] 冀保毅,赵亚丽,郭海斌,等. 深耕和秸秆还田对不同质地土壤团聚体组成及稳定性的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(3):65-70,107.
- [16] 宋岩,王道波,刘永贤. 耕作和施氮方式对广西沿海地区红麻农艺性状和产量的影响[J]. 南方农业学报,2014,45(4):601-604.
- [17] 宫秀杰,钱春荣,于洋,等. 深松免耕技术对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. 玉米科学,2009,17(5):134-137.
- [18] 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研究[J]. 生态环境学报,2010,19(4):945-950.
- [19] 于吉琳,齐华,张振平,等. 深松与播期对玉米冠层结构及产量性状的影响[J]. 玉米科学,2013,21(3):94-99.
- [20] 战秀梅,李秀龙,韩晓日,等. 深耕及秸秆还田对春玉米产量、花后碳氮积累及根系特征的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(4):461-466.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [22] 王新俊,王桂英,王平馨,等. 深松对陇东旱塬区土壤蓄水保墒及小麦产量的影响[J]. 甘肃农业科技,2016(3):53-58.
- [23] 李永平,王孟本,史向远,等. 不同耕作方式对土壤理化性状及玉米产量的影响[J]. 山西农业科学,2012,40(7):723-727.
- [24] 高盼,刘玉涛,王宇先,等. 深松对半干旱区土壤蓄水能力及玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2016(4):23-26.
- [25] 许迪, Schmid R, Mermoud A. 夏玉米耕作方式对耕层土壤特性时间变异性的影响[J]. 水土保持学报,2000,14(1):64-70.
- [26] 阎晓光,李洪,王青水,等. 不同深松时期对旱地春玉米水分利用状况及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(6):165-170.
- [27] 孔凡磊,陈阜,张海林,等. 轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(8):150-155.
- [28] 聂良鹏,郭利伟,牛海燕,等. 轮耕对小麦-玉米两熟农田耕层构造及作物产量与品质的影响[J]. 作物学报,2015,41(3):468-478.
- [29] 赵亚丽,郭海斌,薛志伟,等. 耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米轮作系统中干物质生产和水分利用效率的影响[J]. 作物学报,2014,40(10):1797-1807.
- [30] 尹宝重,甄文超,冯悦. 海河低平原深松播种对夏玉米根系生理的影响及其节水增产效应[J]. 作物学报,2015,41(4):623-632.
- [31] 杨净,蔺国仓,孙美乐,等. 土壤深松对糯玉米生长表现及土壤理化性质的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(4):796-802.
- [32] 朱文新,孙继颖,高聚林,等. 深松和灌水次数对春玉米耗水特性及产量的影响[J]. 玉米科学,2016,24(5):75-82.