



宋秀丽,林小娟,王冰雪,等.不同种植方式对土壤理化性质及玉米生长的影响[J].黑龙江农业科学,2021(3):7-14,15.

不同种植方式对土壤理化性质及玉米生长的影响

宋秀丽¹,林小娟¹,王冰雪²,靳晓燕³,庞爱国³,于晓波³,孙士明³

(1.岭南师范学院,广东 湛江 524048;2.黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006;3.黑龙江省农业机械工程科学研究院,黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:黑龙江省西部半干旱区水土流失严重,春季玉米生长环境恶劣,为了改善土壤理化性质、促进玉米增产,研究分析深松、深松秸秆还田、深翻秸秆还田和旋耕对春季土壤理化指标和玉米生长发育的影响。结果表明:深松秸秆还田能够显著增加土壤水分和 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团粒结构占比。深翻秸秆还田能够显著增加有机质含量,降低土壤容重和 pH。在苗期深松秸秆还田玉米根长、根条数、根干重、株高、茎粗、叶面积和植株干重最高。在拔节期深翻秸秆还田玉米根长、根条数、根干重、株高、茎粗、叶面积和植株干重最高。与旋耕相比,秋季深松秸秆还田和深翻秸秆还田玉米产量分别增加了 2.8% 和 4.1%。苗期根条数的增加能够显著影响苗期茎粗、苗期植株干重。拔节期根长对拔节期株高影响显著。拔节期根干重与拔节期茎粗显著相关。 $>0.25\text{ mm}$ 团粒结构利于土壤中有磷的积累,而 pH 的增加不利于土壤中有机的积累,土壤含水量的增加可以增加土壤中碱解氮、速效钾的含量。

关键词:耕作模式;土壤理化性质;玉米生长;半干旱农业区

在农业生态系统中土壤物理化学性质直接决定着作物的生长状态,是农作物稳产、高产的基础^[1]。但是土壤物理化学性质极易受外界环境的影响^[2]。农民耕作过程中,耕种、施肥、耕地等所有操作都会直接间接地对土壤物理结构和化学性质产生一定影响^[3]。不适宜的耕作方式会使土壤理化性质恶化,加剧水土流失。适宜的耕作方式能够改善土壤理化性质、提高土壤生产力。秸秆还田和耕作是两项重要的农艺措施^[4-5]。秸秆还田可以增加土壤有机质,改善土壤结构,提高土壤肥力,增加作物产量^[6-7]。翻耕和深松能够有效打破犁底层有利于接纳雨水增加土壤孔隙度,使土质疏松,从而利于微生物富集,促进作物根系下扎和对养分的吸收利用^[8-9]。耕作方式直接影响了土壤的理化性质,但是在不同区域,比如气候、土壤形成母质及形成条件不同,区域间差异很大。

黑龙江省齐齐哈尔市是我国重要的玉米生产基地,当地属于半干旱气候农业区,春季大风少雨,又由于长期、粗放的经营管理使得当地土壤质

量急剧下滑,水土流失严重,严重影响作物产量及品质。但是对于不同耕作方式对该区春季土壤质量和作物生长的研究相对较少,也没有引起足够的重视。因此为了能够改善该地区春季土壤质量,保证作物良好的生长,本试验对不同耕作方式对春季土壤理化指标和玉米生长发育的影响进行研究,旨在为当地玉米生产及合理耕作提供指导与决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黑龙江省齐齐哈尔富拉尔基区(47.262°N, 123.688°E),属于东北松嫩平原,气候属温带大陆性季风气候,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季短霜期早,冬季干冷漫长,属温和半干旱农业气候区,降水时间分配不均匀,主要集中在 7、8 月。土壤属于碳酸盐黑钙土,对农业有利的气候条件是辐射充裕,雨热同季,不利的气候条件是旱、涝、低温、早霜、风等,春旱、多风是当地春季农业种植的主要障碍因素。

1.2 材料

供试玉米品种为嫩单 19。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验样地为长期定位试验点,地势平坦,地貌均匀一致,2016 年采用大区对比试验,设有旋耕处理、深松处理、深松秸秆还田和深翻秸秆还田 4 个处理,每个处理面积 0.33 hm^2 。

收稿日期:2020-11-07

基金项目:广东省基础与应用基础研究基金区域联合基金青年基金(2019A1515110888);国家重点研发计划“大型机械耕整播种作业对土壤质构和作物生长影响机理研究”(2016YFD070030103);岭南师范学院人才专项(ZL2044)。

第一作者:宋秀丽(1984—),女,博士,讲师,从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail: songxiuli5251@163.com。

通信作者:孙士明(1966—),男,学士,研究员,从事农业机械化学研究。E-mail: ssmmok@126.com。

统一种植玉米品种嫩单 19。秋季按照试验设置进行耕整作业。种植期内统一管理,秋季成熟期测产。

旋耕处理(灭茬移除+旋耕+免耕播种施肥):秋季玉米净茬处理,旋耕深度 12~16 cm,春季免耕播种。

深松处理(灭茬移除+深松+免耕播种施肥):秋季玉米净茬处理,深松 30~35 cm,春季免耕播种。

深松秸秆还田(秸秆粉碎还田覆盖+深松+免耕播种施肥):秋季玉米秸秆全量还田。玉米机械收获秸秆粉碎联合作业,留茬高度 5~10 cm,秸秆切碎长度要小于 10 cm,抛撒均匀,深松 30~35 cm,春季免耕播种。

深翻秸秆还田(秸秆粉碎还田+深平翻扣埋秸秆+免耕播种施肥):秋季玉米秸秆全量还田。采用玉米机械收获秸秆粉碎联合作业,玉米留茬高度 5~10 cm,秸秆切碎长度要小于 10 cm,抛撒均匀。采用深翻犁翻耕深度 30~35 cm,扣垡严密,耙深 10~14 cm,春季免耕播种。

在 2017 和 2018 年秋季按照试验处理采用机械整地,2019 年 4 月 29 日播种,种肥一次性施入长效复合肥 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。播种前采集土壤进行理化指标的测定,苗期和拔节期对玉米植株进行生长发育调查,秋季对不同处理进行产量测定。

1.3.2 测定项目及方法 土壤物理化学性质测定:在不同试验处理每个样地中心位置,按“S”法环刀取样测定土壤容重、土壤水分,并采集 0~20 cm 土层土壤 7 个样点的混合土样,每个处理 3 次重复取样,充分混合后留存 1 kg 土样,剔除动植物残体石头等,分开两部分,其中一部分风干,用土壤团聚体分析仪筛分,获得不同粒径团聚体含量,分别测定 $>5.00 \text{ mm}$ 、 $5.00 \sim 2.00 \text{ mm}$ 、 $2.00 \sim 1.00 \text{ mm}$ 、 $1.00 \sim 0.50 \text{ mm}$ 、 $0.50 \sim 0.25 \text{ mm}$ 和 $>0.25 \text{ mm}$ 团粒占总重量的百分比;另一部分风干后磨碎过 0.149 mm 筛网用于土壤养分测定。土壤样本室温风干后磨碎,过筛(0.2 mm 筛)。土壤 pH 按水土比 2.5:1,采用 pH 计测定;土壤有机质(SOM)采用重铬酸钾容量法;碱解氮采用扩散法;速效磷用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 浸提-钼锑抗比色法;速效钾用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$ 浸提-火焰光度法^[10]。

土壤总孔隙度($\%$) = $(1 - \text{容重} / 2.65) \times 100$

玉米生长指标测定:在玉米苗期、拔节期,于

每个处理小区内最中间的垄上选择长势一致并连续的 3 株玉米,使用长直尺测定玉米的株高,测定位置为从玉米根部至穗尖;用游标卡尺测定玉米茎粗,取平均值,并重复 3 次。同时对玉米进行根系取样。使用铁铲围绕玉米植株挖出长 $20 \text{ cm} \times$ 宽 $20 \text{ cm} \times$ 深 30 cm 的小土方,然后用清水将土方内根系小心冲洗出来,冲洗过程中保持根系在土方内的分布性状,然后对各根系根长、根条数、根干重进行测定。玉米成熟后,在每个小区内,选取具有代表性的 25 穗玉米(误差小于 0.1 kg),风干脱粒后称重,测定含水量,换算成 14% 含水量,进而折算公顷产量。

1.3.3 数据分析 使用 Excel 2016 软件对原始数据进行整理、计算和归类。采用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析(ANOVA)和最小显著差异法(LSD)进行比较分析。

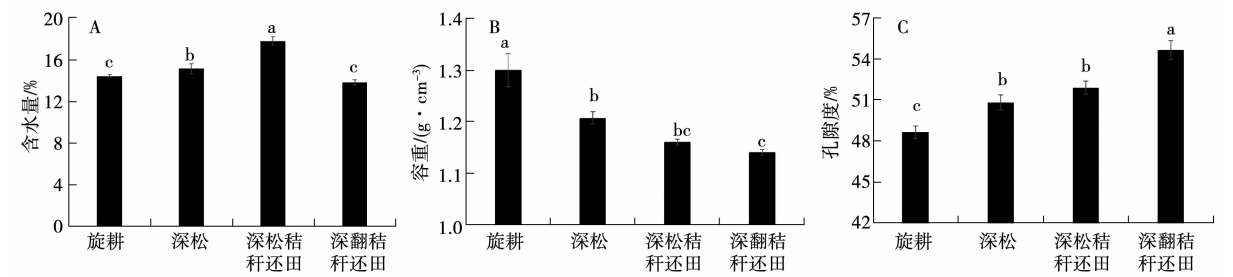
2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤物理指标的影响

由图 1A 可知,不同耕作方式土壤含水量差异显著,其中旋耕和深翻秸秆还田土壤含水量相对较低,分别为 14.40% 和 13.79% 。深松秸秆还田土壤水分含量最高,其次是深松处理,与旋耕相比土壤中含水量分别增加了 23.3% 和 5.02% 。由图 1B 可知,旋耕处理土壤容重最大,为 $1.30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,深松、深松秸秆还田和深翻秸秆还田较旋耕土壤容重显著降低,其中深翻秸秆还田容重最小,为 $1.14 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,与旋耕相比下降 12% ,深松秸秆还田土壤容重为 $1.16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,与旋耕相比下降 10% 。由图 1C 可知,与旋耕相比,深松、深松秸秆还田和深翻秸秆还田能够显著增加土壤孔隙度,其中深翻秸秆还田最高,土壤孔隙度达 54.65% ,与旋耕相比增加了 12.35% ,其次是深松秸秆还田处理 51.89% ,与旋耕相比增加了 6.68% 。

由图 2 可以看出,4 种处理对春季土壤中 $>0.25 \text{ mm}$ 的土壤团粒结构含量影响显著。旋耕处理最低,含量为 67.99% ,深松秸秆还田最高,含量为 97.93% ,与旋耕相比增加了 44% 。其次是深松处理, $>0.25 \text{ mm}$ 的土壤团粒结构含量为 90.99% ,与旋耕相比增加了 34% 。深翻秸秆还田土壤中 $>0.25 \text{ mm}$ 的土壤团粒结构含量 80.46% ,与旋耕相比增加了 18% 。由图 2 可知,深松处理能够显著增加 $2.00 \sim 1.00 \text{ mm}$ 和 $1.00 \sim 0.50 \text{ mm}$ 的团粒结构,深松秸秆还田处理显著增加了 $>5.00 \text{ mm}$ 和 $5.00 \sim 2.00 \text{ mm}$ 的团

粒结构,降低了 1.00~0.50 mm 和 0.50~0.25 mm 土壤团粒结构。深翻秸秆还田能够显著增加了 0.50~0.25 mm 的团粒结构,对其他团粒粒级影响相对较小。



注:表中同列小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

图 1 不同耕作方式对土壤物理性质的影响

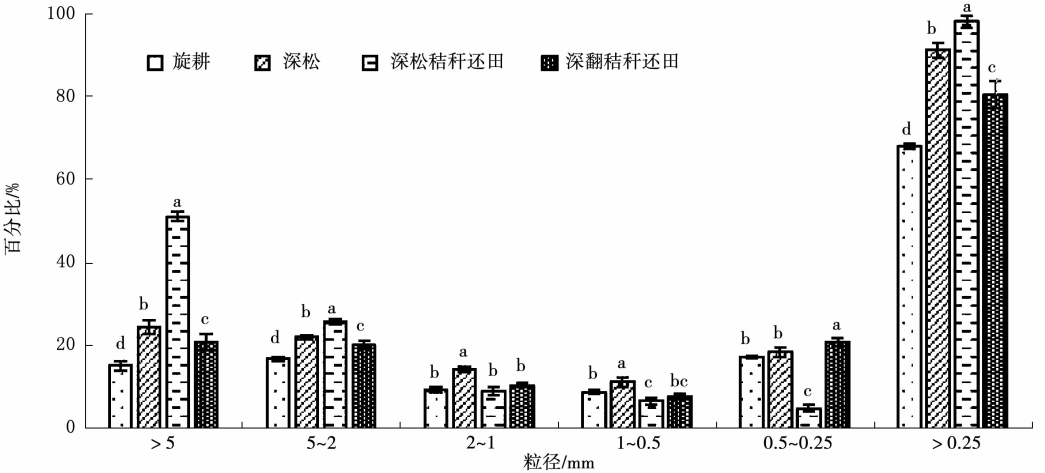


图 2 不同耕作方式对土壤团粒结构的影响

2.2 不同耕作方式对土壤化学指标的影响

由图 3A 可知,旋耕和深松处理土壤中有有机质含量最低,分别为 16.42 和 16.22 g·kg⁻¹,而与二者相比深松秸秆还田和深翻秸秆还田显著增加了土壤有机质的含量,深翻秸秆还田有机质含量最高,为 21.30 g·kg⁻¹,与旋耕相比增加了 30%,深松秸秆还

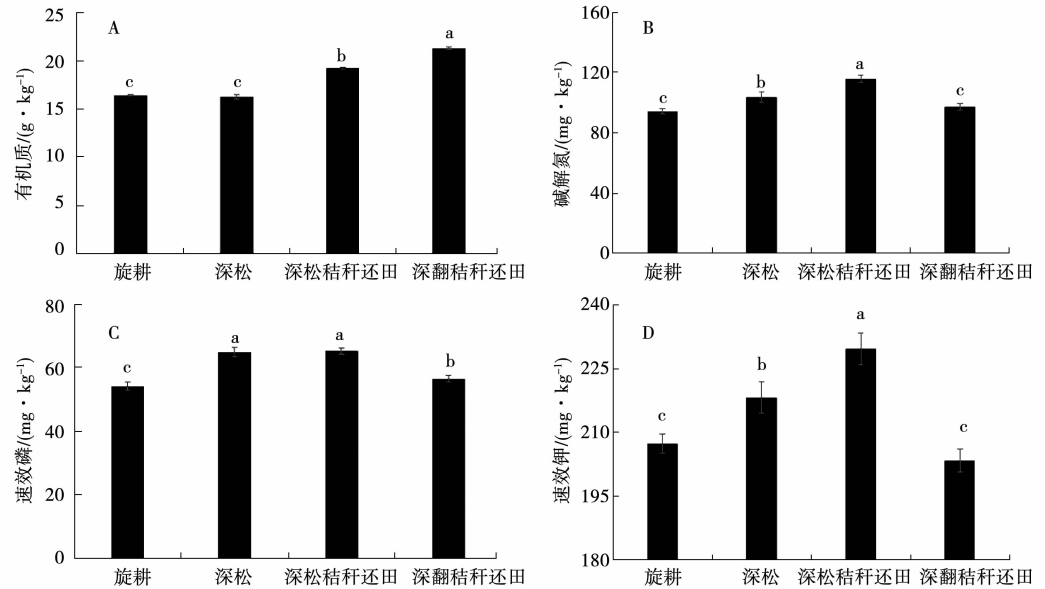


图 3 不同耕作方式对土壤化学性质的影响

田有机质含量 $19.20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与旋耕相比增加了 16%。由图 3B 可知, 旋耕土壤中碱解氮含量较低, 为 $94.22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 深松秸秆还田土壤中碱解氮含量较旋耕显著升高, 为 $115.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与旋耕相比增加 22%; 其次是深松处理, 碱解氮含量为 $103.58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与旋耕相比增加了 10%; 而深翻秸秆还田处理土壤中碱解氮含量为 $97.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与旋耕相比没有达到显著差异。由图 3C 可知, 在春季旋耕处理有效磷含量最低, 为 $54.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 深松和深松秸秆还田土壤中有有效磷含量最高, 与旋耕相比增加了 20%; 深翻秸秆还田土壤有效磷的含量与旋耕相比只增加 4%。由图 3D 可知, 深松秸秆还田土壤速效钾含量显著高于其他处理, 速效钾含量达 $229 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其次是深松处理, 土壤中速效钾含量达 $218 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 旋耕和深翻秸秆还田土壤速效钾含量相对较低。

不同处理土壤 pH 在 $8.03 \sim 8.18$, 其中旋耕和深松土壤 pH 最高, 分别为 8.16 和 8.18。深松秸秆还田和深翻秸秆还田降低了土壤 pH, 其中深翻秸秆还田 pH 最低, 为 8.03, 与旋耕相比下降了 1.6%。深松秸秆还田 pH 为 8.10, 与旋耕处理相比下降了 0.7%。

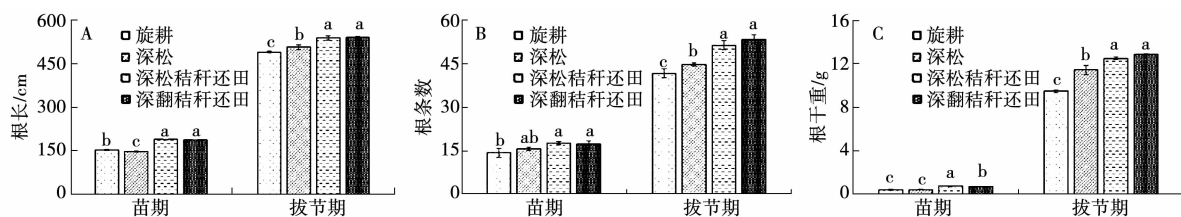


图 5 不同耕作方式对玉米根系生长的影响

由图 6 可知, 在苗期和拔节期深松秸秆还田和深翻秸秆还田处理下的植株株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重高于深松和旋耕处理。与旋耕相比, 深松秸秆还田处理玉米在苗期株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重增加了 9%、5%、20% 和 35%, 而在拔节期显著增加了 25%、14%、16% 和 5%。与旋耕相比, 深翻秸秆还田处理玉米在苗期株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重增加了 5%、4%、9% 和 19%, 而在拔节期显著增加了 34%、16%、27% 和 11%。深松处理玉米在苗期株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重增加了 1%、1%、5% 和 9%, 而在拔节期增加了 3%、13%、14% 和 -3%。

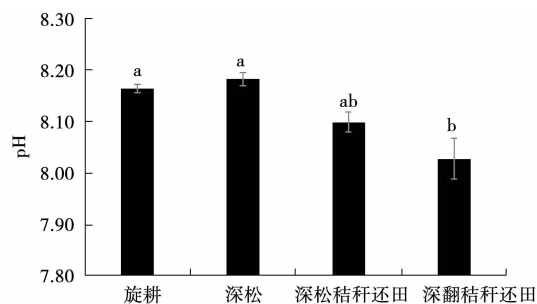


图 4 不同耕作方式对土壤 pH 影响

2.3 不同耕作方式对玉米生长的影响

由图 5 可知, 在玉米的苗期和拔节期, 深松秸秆还田和深翻秸秆还田处理玉米的根长、根条数和根干重均显著高于旋耕和深松处理, 而旋耕处理玉米根长、根条数和根干重相对较低。与旋耕相比, 深松秸秆还田玉米根长、根条数和根干重在苗期分别增加了 24%、26% 和 76%, 拔节期分别增加了 10%、22% 和 32%。与旋耕相比, 深翻秸秆还田根长、根条数和根干重在苗期分别增加了 23%、24% 和 60%, 拔节期分别增加了 10%、26%、35%。与旋耕相比, 深松处理下玉米根长、根条数和根干重在苗期分别降低了 3%、增加了 12% 和降低了 2%, 而在拔节期分别增加了 3%、6% 和 21%。

2.4 不同耕作方式对玉米产量影响

由图 7 可知, 深翻秸秆还田和深松秸秆还田与旋耕和深松相比能显著增加玉米单位面积上的产量。旋耕处理玉米产量为 $11\,227 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 深松秸秆还田为 $11\,547 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 与旋耕相比增加了 2.8%, 深翻秸秆还田是 $11\,684 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 与旋耕相比增加了 4.1%。深松与旋耕相比玉米产量未达到显著差异。

2.5 土壤理化性质与作物生长指标的相关性

通过植株生长性状与土壤理化性质指标之间皮尔逊相关分析发现, 玉米拔节期株高与土壤 pH 显著负相关, 相关系数为 $-0.96 (P < 0.05)$ 。

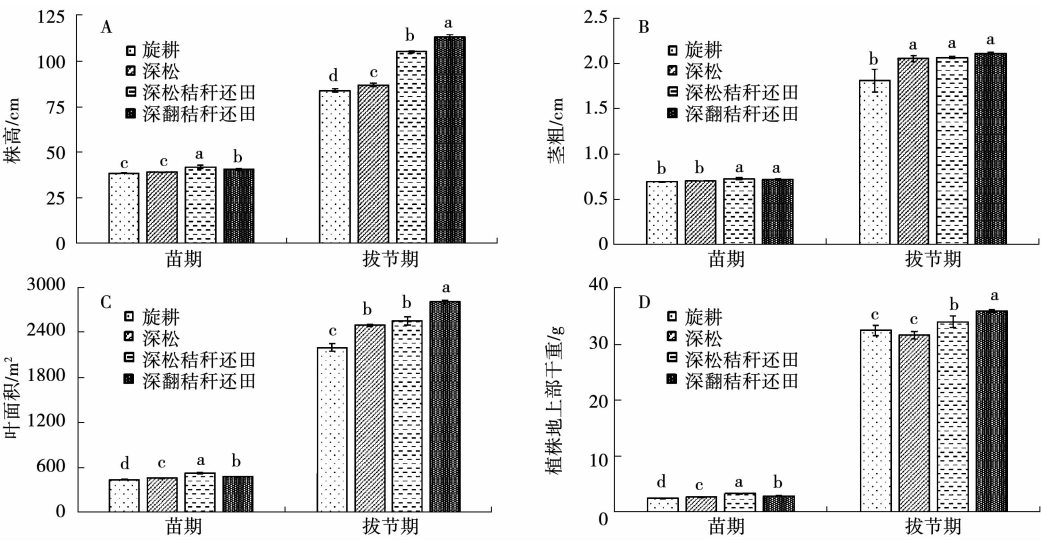


图 6 不同耕作方式对玉米生长发育的影响

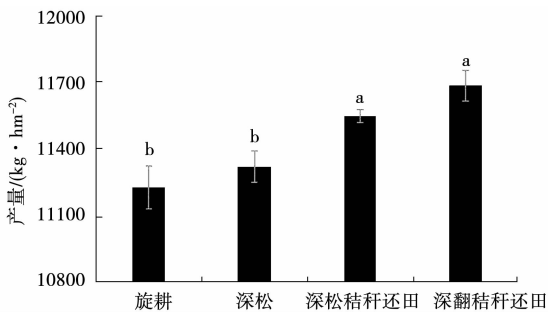


图 7 不同耕作方式对玉米产量的影响

拔节期茎粗、叶面积都与容重显著负相关,拔节期叶面积与孔隙度显著正相关,拔节期植株干重与有机质显著正相关($P<0.05$),与 pH 极显著负相关($P<0.01$)。拔节期根长、根条数根容重显著负相关($P<0.05$),拔节期根干重与容重极显著负相关($P<0.01$)。玉米产量与 $>0.25\text{ mm}$ 的团粒结构和土壤中碱解氮含量显著正相关。而玉米苗期性状与土壤理化性质相关性并不显著(表 1)。

表 1 土壤理化性质与作物生长指标皮尔逊相关系数

项目			水分	容重	孔隙度	$>0.25\text{ mm}$	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	pH
地上	株高	苗期	0.68	-0.81	0.63	0.69	0.72	0.76	0.47	0.56	-0.65
		拔节	0.13	-0.89	0.93	0.35	0.98*	0.29	0.06	0.00	-0.96*
	茎粗	苗期	0.56	-0.90	0.76	0.69	0.80	0.69	0.45	0.46	-0.73
		拔节	0.24	-0.96*	0.87	0.75	0.65	0.50	0.58	0.29	-0.58
	叶面积	苗期	0.79	-0.78	0.54	0.82	0.58	0.88	0.64	0.71	-0.49
		拔节	-0.04	-0.95*	0.99*	0.46	0.85	0.21	0.23	-0.05	-0.81
	干重	苗期	0.74	-0.81	0.59	0.80	0.64	0.84	0.60	0.66	-0.55
		拔节	-0.11	-0.71	0.85	0.03	0.99*	0.00	-0.27	-0.28	-1.00**
地下	根长	苗期	0.35	-0.79	0.77	0.38	0.92	0.44	0.10	0.18	-0.89
		拔节	0.32	-0.96*	0.91	0.59	0.90	0.50	0.32	0.24	-0.85
	根条数	苗期	0.59	-0.94	0.75	0.84	0.69	0.76	0.64	0.55	-0.60
		拔节	0.21	-0.96*	0.94	0.50	0.94	0.40	0.22	0.12	-0.90
	干重	苗期	0.48	-0.81	0.73	0.50	0.87	0.56	0.23	0.32	-0.82
		拔节	0.28	-1.00**	0.92	0.69	0.81	0.51	0.46	0.26	-0.73
	产量		0.10	0.10	-0.93	0.96*	0.39	0.97*	0.28	0.11	0.00

注: * 表示显著相关($P<0.05$); ** 表示极显著相关($P<0.01$)。下同。

2.6 玉米植株地上与根部性状的相关性

通过玉米植株地上生长指标与根系生长指标

间的相关分析发现,玉米拔节期根长与拔节期株高、苗期茎粗呈显著正相关($P<0.05$)。苗期根

条数与苗期茎粗、苗期植株干重呈显著正相关($P<0.05$)。苗期根干重与苗期株高、苗期茎粗呈显著正相关($P<0.05$)。拔节期根干重与拔节期茎粗呈显著正相关($P<0.05$)(表 2)。

表 2 玉米地上植株生长指标与根部生长指标皮尔逊相关系数

项目		株高		茎粗		叶面积		植株干重	
		苗期	拔节期	苗期	拔节期	苗期	拔节期	苗期	拔节期
根长	苗期	0.92	0.95	0.93	0.61	0.81	0.71	0.85	0.89
	拔节期	0.90	0.96*	0.96*	0.86	0.84	0.89	0.87	0.83
根条数	苗期	0.93	0.81	0.96*	0.89	0.94	0.78	0.95*	0.57
	拔节期	0.85	0.99	0.93	0.84	0.77	0.92	0.81	0.88
根干重	苗期	0.96*	0.92	0.97*	0.64	0.89	0.68	0.91	0.82
	拔节期	0.81	0.89	0.89	0.97*	0.78	0.95	0.81	0.70

2.7 土壤理化性质指标间的相关性

通过土壤指标之间相关性分析,发现土壤中含水量与土壤中碱解氮、速效钾呈显著正相关($P<0.05$),碱解氮和有效钾之间呈显著正相关($P<0.05$)。 $>0.25\text{ mm}$ 团粒结构与土壤中有有效磷呈显著正相关($P<0.05$)。而土壤有机质与土壤 pH 呈极显著负相关($P<0.01$)(表 3)。

表 3 土壤理化性质指标之间皮尔逊相关系数

项目	容重	孔隙度	$>0.25\text{ mm}$	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	pH
水分	-0.27	-0.08	0.77	-0.02	0.96*	0.76	0.97*	0.11
容重		-0.93	-0.67	-0.82	-0.50	-0.44	-0.24	0.75
孔隙度			0.36	0.91	0.15	0.11	-0.13	-0.88
$>0.25\text{ mm}$				0.18	0.92	0.95*	0.84	-0.07
有机质					0.12	-0.11	-0.16	-0.99**
碱解氮						0.87	0.96*	-0.02
有效磷							0.88	0.23
速效钾								0.26

3 讨论

通过研究发现,耕作方式会不断改变土壤理化性质及土壤生产力,影响作物生长发育状况。合理的耕作管理能够有利于土壤物理结构的形成,存储养分,保持肥力,利于作物生长和产量的形成,从而促进农业健康、可持续发展^[11]。黑龙江省西部属于半干旱农业气候区,春季干旱多风,玉米是当地主要栽培作物,春旱及土壤质量不断恶化是当地玉米种植的一大障碍,又由于种植过程中普遍存在不科学的耕作和施肥,在长期耕作后土壤理化性质恶化,水土流失严重^[12]。由于生态条件的限制,半干旱农业区的土壤对可持续农业的耕作措施有更高的要求。在半干旱农业气候区,秸秆覆盖和减少机械扰动更利于土壤保水,深松秸秆还田耕作更利于保水,可缓解春旱问题^[13-14]。寻找合理的耕作模式改善当地土壤质量,促进玉米生长发育产量的增加,及时引导和推广优良的耕作模式对当地农业生产具有重要意义。据相关报道,在黑土区深松、翻耕及秸秆还田可以改良土壤理化性状,能够提高氮素^[15]、磷肥的利用率^[16]、促进作物产量。本研究发现,深翻

秸秆还田和深松秸秆还田都有利于保藏春季土壤中的水分,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,增加 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团粒体的形成。深松秸秆还田在保存土壤水分,增加土壤孔隙度,增加 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团粒体的形成效果更显著。深翻秸秆还田对降低土壤容重增加土壤孔隙度效果更显著。对于在当地的春季干旱多风的气候下,深翻秸秆还田由于增加了土壤扰动在干旱风大的春季水分散失相对较多,而深松秸秆还田耕作利用秸秆还田覆盖土壤裸露的表面可以缓解当地春季大风对土壤的侵蚀及风沙化,更利于土壤保水,可缓解当地春旱问题。深翻秸秆还田和深松秸秆还田改善土壤化学性质,增加有机质、碱解氮、有效磷、速效钾,降低 pH,这与战秀梅等^[15]研究结果一致,而与杨敏芳等^[17]研究结果不一致,分析原因可能与土壤类型和具体的耕作管理方式不同有关。本研究中深翻秸秆还田有机质含量相对最高,pH 最低。深松秸秆还田土壤中碱解氮含量显著高于其他处理。

在玉米苗期和拔节期,深松秸秆还田和深翻秸秆还田处理玉米的根长、根条数和根干重显著

增加,这与前人研究结果一致^[18-19],深松秸秆还田玉米根长、根条数和根干重在苗期效果最佳,分别比旋耕处理增加了24%、26%和76%。深翻秸秆还田在拔节期对根条数、根干重促进效果最佳,分别比旋耕处理增加了26%和35%。与旋耕相比,深松秸秆还田和深翻秸秆还田处理同样能促进玉米地上部的生长。深翻秸秆还田和深松秸秆还田有利于疏松土壤,打破坚实的不透水层,增强土壤蓄水保墒能力,为作物生长提供更为适宜的水、肥、气、热环境,进而促进玉米根系发育^[20-21]。而旋耕处理由于土壤中无秸秆等覆盖物,苗期又出现“春旱”现象,导致土壤水分蒸发量较大,进而影响玉米根系生长。深翻秸秆还田处理在秋季将大量秸秆还田到土壤中,到达拔节期已经过一段时间的腐解,产生较多有机质释放到土壤中,使土壤养分增加,根系生长较好。前人研究认为,深翻秸秆还田在株高、叶面积和植株地上部干重上也显著高于深松秸秆还田处理^[22-23]。本试验发现,在苗期深松秸秆还田效果好于深翻秸秆还田,在株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重较旋耕处理增加了9%、5%、20%和35%,而在拔节期深翻秸秆还田处理玉米株高、茎粗、叶面积和植株地上部干重增加的更多,分别较旋耕处理增加了34%、16%、27%和11%。深翻更利于拔节期玉米的生长。

与旋耕相比,秋季深松秸秆还田玉米产量增加了2.8%,深翻秸秆还田玉米产量增加了4.1%。深松秸秆还田和深翻秸秆还田处理连续3年还田向土壤注入大量秸秆,促进土壤中有机的积累。由于深松和深翻秸秆还田方式不同,秸秆腐解及养分释放效果存在显著差异,本试验证明深翻秸秆还田效果更佳,更有利于后期玉米的生长发育和玉米产量的形成与积累。

通过相关分析,发现玉米拔节期株高与土壤pH呈显著负相关。拔节期茎粗、叶面积与容重呈显著负相关,拔节期叶面积与孔隙度呈显著正相关,拔节期植株干重与有机质呈显著正相关($P<0.05$),与pH呈极显著负相关($P<0.01$)。拔节期根长、根条数与容重呈显著负相关($P<0.05$),拔节期根干重与容重呈极显著负相关($P<0.01$)。玉米产量与 >0.25 mm的团粒结构和土壤中碱解氮含量呈显著正相关,因此促进玉米生长需要降低容重,增加孔隙度、有机质,降低pH。本研究与马阳等^[24]研究结果一致,土壤容重直接影响了土壤养分的吸收、转化、利用以及农作物根系生长和发育。容重提高会使土壤更加紧实,土壤含氧量下降,影响作物根系代谢异常,根系生长受到抑制,作物叶片光合性能降低,

使得作物产量降低。土壤pH与土壤养分之间具有明显的相反变化趋势,土壤pH不仅对土壤养分产生直接影响,同时更深入影响植物对土壤养分的吸收,pH降低的情况下利于玉米的生长^[25-26],而本研究证明玉米拔节期的生长指标与土壤pH显著负相关。

在这里玉米苗期指标与土壤理化性质相关性并不显著。关于苗期土壤理化性质与作物生长发育的影响机理还需进一步深入研究。增加玉米产量需要增加土壤中 >0.25 mm的团粒结构,增加土壤中碱解氮含量。土壤碱解氮直接影响土壤生产力,土壤中碱解氮的含量受到土壤有机质含量、土壤质地、耕作方式等多因素的影响^[27-28]。其中,不同的土地耕作方式对土壤供氮能力影响不同^[29]。本试验中深松秸秆还田土壤碱解氮含量最高,深翻秸秆还田土壤中碱解氮含量相对较低,这可能是由于深翻秸秆还田土壤中秸秆含量较大,腐熟过程中微生物消耗了土壤中更多的氮素。苗期根条数与苗期茎粗、苗期植株干重显著相关($P<0.05$)。苗期根干重与苗期株高、苗期茎粗显著相关($P<0.05$)。苗期茎粗与玉米拔节期根长显著相关,玉米拔节期根长与玉米拔节期株高显著相关($P<0.05$)。拔节期根干重与拔节期茎粗显著相关($P<0.05$)。通过土壤指标之间相关性分析发现,土壤中含水量与土壤中碱解氮、速效钾显著相关($P<0.05$)。 >0.25 mm团粒结构与土壤中有效磷显著相关($P<0.05$)。而土壤中有有机质与土壤pH极显著负相关($P<0.01$)。本试验区属于半干旱农业气候区土壤属于碳酸盐黑钙土,深松秸秆还田和深翻秸秆还田能够明显改善当地土壤的理化性质促进作物的生长发育。

4 结论

深翻秸秆还田和深松秸秆还田都有利于保藏春季土壤中的水分,改善土壤结构,促进 >0.25 mm土壤团粒体的形成,其中深松秸秆还田效果更显著。深松秸秆还田还能有效提高土壤中碱解氮含量,可以适当减少化肥使用量,而深翻秸秆还田对降低土壤碱性和增加土壤有机质含量效果显著,因此可以作为改良土壤的耕作措施。在植株生长方面深松秸秆还田有利于玉米根系的生长同时能够增加玉米植株株高、茎粗和叶面积。深翻秸秆还田更利于拔节期玉米的生长。总体上深翻秸秆还田能够更加显著地增加玉米产量,秋季深松秸秆还田次之。同时本试验还发现,苗期根条数的增加能够显著影响苗期茎粗、苗期植株干重。拔节期根长对拔节期株高影响显著。拔节

期根干重与拔节期茎粗显著相关。通过土壤指标之间相关性分析发现 $>0.25\text{ mm}$ 团粒结构利于土壤中有磷的积累,而 pH 的增加不利于土壤中有有机质的积累,土壤含水量的增加可以增加土壤中碱解氮、速效钾的含量。因此对于该区域玉米种植建议因地制宜选取不同的种植方式,对贫瘠土壤多采用深翻秸秆还田提高有机质含量,对有机质含量相对较高的土地采取深松秸秆还田种植方式,保水保肥节本增收。

参考文献:

- [1] 王绍强,朱松丽. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析[J]. 地理学报,2000,55(5):533-544.
- [2] 吴建国,张小全,徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(4):593-599.
- [3] 赵亚丽,郭海斌,薛志伟,等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):1785-1792.
- [4] 柴如山,安之冬,马超,等. 我国主要粮食作物秸秆钾养分资源量及还田替代钾肥潜力[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(2):201-211.
- [5] Murphy R P, Montes-Molina, Joaquin A, et al. Crop residue retention enhances soil properties and nitrogen cycling in smallholder maize systems of Chiapas, Mexico[J]. Applied Soil Ecology,2016,103:110-116.
- [6] Hamido S A, Kpombrekou A K. Cover crop and tillage effects on soil enzyme activities following tomato[J]. Soil & Tillage Research,2009,105(2):269-274.
- [7] Bunna S, Sinath P, Makara O, et al. Effects of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils[J]. Field Crops Research,2011,124(3):295-301.
- [8] 贾凤梅,张淑花,魏雅冬. 不同耕作方式下玉米农田土壤养分及土壤微生物活性变化[J]. 水土保持研究,2018(5):112-117.
- [9] 程思贤,刘卫玲,靳英杰,等. 深松深度对砂姜黑土耕层特性、作物产量和水分利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报,2018,26(9):1355-1365.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [11] 胡诚,曹志平,叶钟年,等. 不同的土壤培肥措施对低肥力农田土壤微生物生物量碳的影响[J]. 生态学报,2006,26(3):808-814.
- [12] 张洋. 不同种植模式对黑土理化性质及玉米生长发育的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2017.
- [13] 王秀领,阎旭东,徐玉鹏,等. 不同耕作方式对春玉米土壤水分及夏玉米生长产量的影响[J]. 玉米科学,2017,25(3):87-93.
- [14] 冯浩,刘匡,余坤,等. 不同覆盖方式对土壤水热与夏玉米生长的影响[J]. 农业机械学报,2016,47(12):192-202.
- [15] 战秀梅,彭靖,李秀龙,等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性状的影响[J]. 华北农学报,2014,29(3):204-209.
- [16] 张瑞富,杨恒山,高聚林,等. 深松促进春玉米干物质和磷素的积累与转运[J]. 农业工程学报,2016,32(19):106-112.
- [17] 杨敏芳,朱利群,韩新忠,等. 耕作措施与秸秆还田对稻麦两熟制农田土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):272-275.
- [18] 沈明林. 砂姜黑土区不同麦秸还田方式对夏玉米生育及产量的影响[D]. 合肥:安徽农业大学,2011.
- [19] 隋凯强,付丽亚,韩伟,等. 不同耕作深度下调控水肥对玉米生长状况的影响[J]. 华北农学报,2018,33(6):212-218.
- [20] Guan D H, Al-Kaisi M M, Zhang Y, et al. Tillage practices affect biomass and grain yield through regulating root growth, root-bleeding sap and nutrients uptake in summer maize[J]. Field Crops Research,2014,157:89-97.
- [21] Mu X Y, Zhao Y L, Liu K, et al. Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat-maize cropping system on the North China plain[J]. European Journal of Agronomy,2016,78:32-43.
- [22] Wang X B, Zhou B Y, Sun X F, et al. Soil tillage management affects maize grain yield by regulating spatial distribution coordination of roots, soil moisture and nitrogen status[J]. PloS One,2015,10:29-31.
- [23] 张宇飞,刘立志,马显萱,等. 耕作和秸秆还田方式对玉米产量及钾素积累转运的影响[J]. 作物杂志,2019(2):122-127.
- [24] 马阳,吴敏,王艳群,等. 不同耕作施肥方式对夏玉米氮素利用及土壤容重的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(5):171-176.
- [25] 李忠佩,张桃林,陈碧云. 可溶性有机碳的含量动态及其与土壤有机碳矿化的关系[J]. 土壤学报,2004,41(4):544-552.
- [26] 周莉,李保国,周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其研究进展[J]. 地球科学进展,2005,20(1):99-105.
- [27] 张洋. 不同种植模式对黑土理化性质及玉米生长发育的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2017.
- [28] 郑洪兵. 耕作方式对土壤环境及玉米生长发育的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [29] 田肖肖. 保护性耕作方式对夏玉米生长及水氮利用的影响[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2016.

Effects of Different Planting Methods on Soil Physical and Chemical Properties and Maize Growth

SONG Xiu-li¹, LIN Xiao-juan¹, WANG Bing-xue², JIN Xiao-yan³, PANG Ai-guo³, YU Xiao-bo³, SUN Shi-ming³

(1. Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China; 2. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China; 3. Heilongjiang Agricultural Machinery Engineering Research Institute, Harbin 150081, China)



彭玉娇,崔学宇,秦杰文,等.不同有机肥对沙田柚果园土壤细菌群落结构的影响[J].黑龙江农业科学,2021(3):15-22.

不同有机肥对沙田柚果园土壤细菌群落结构的影响

彭玉娇,崔学宇,秦杰文,曾文萍,覃礼蒙,贾书刚

(南宁师范大学 广西地标作物大数据工程技术研究中心/北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室/广西地表过程与智能模拟重点实验室,广西 南宁 530001)

摘要:为促进沙田柚栽培环境的人工调节,利用高通量测序技术,研究5种有机肥处理沙田柚果园土壤细菌多样性和群落结构的变化,同时对土壤主要成分进行分析。结果表明:本研究共获得 OTUs 总数 51 383 个,至少涵盖了 47 门 65 纲 145 目 287 科 772 属的细菌。多样性分析表明,门分类水平沙田柚果园土壤细菌优势类群差异不大,变形菌门、厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌门、绿弯菌门和酸杆菌门为沙田柚果园土壤的优势细菌类群;在属水平分析,优势菌群在不同样本中差异较大,在沼气渣处理的样本中,链球菌属丰度最高,达 8.62%,花生麸处理的样本中,*Chujaibacter* 的丰度最高,达 17.97%,在猪粪处理的样本中,乳酸菌属和黄杆菌属的丰度最高,为 7.83%和 5.26%;在种水平的研究发现,有机肥施用降低了 *Pseudomonas citronellolis* 的相对丰度,同时有机肥施用提高了潜在益生菌 *Stenotrophomonas* 的相对丰度,粪便来源有机肥提高了 3 种动物性致病菌的相对丰度,冗余分析发现,75.17%的细菌群落变化可以被选取的环境因子所解释。本研究证明了有机肥的施用改变了沙田柚果园土壤的理化性质、微生物群落结构和多样性,不同有机肥对沙田柚果园土壤细菌群落结构和多样性有不同的影响。

关键词:有机肥;高通量测序;细菌多样性;柚子园土壤

沙田柚(*Citrus grandis* var. *shatinyu*)具有较高的经济价值和较强的适应性,在我国广西、广

东、四川和重庆等地广泛种植^[1]。在沙田柚的种植过程中,合理施肥是实现沙田柚丰产、优质的重要保障,在柑橘类果树的生产中有机肥的施用可以提高果实的风味品质^[2],因此有机肥的施用在沙田柚生产上具有重要的意义。施肥除对土壤肥力有影响外,对土壤微生物的群落结构和多样性同样有显著的影响^[3-4],而微生物对土壤中的养分循环和物质转化有驱动作用^[5]。因此,对不同有机肥施用后土壤微生物的群落和多样性的变化进行研究,对人工调节沙田柚栽培果园的微环境具有重要意义。

收稿日期:2020-10-04

基金项目:广西重点研发项目(2017AB21012);广西一流学科(地理学)建设项目;北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室系统基金(GTEU-KLOP-X1820,GTEU-KLOP-X1819)。

第一作者:彭玉娇(1991—),女,硕士,助理研究员,从事沙田柚品质与土壤微生物关联相关研究。E-mail:1356346392@qq.com。

通信作者:崔学宇(1985—),男,博士,助理研究员,从事沙田柚品质与土壤微生物关联相关研究。E-mail:yaoyuan200452@163.com。

Abstract: The soil and water loss is serious in the semi-arid area of Western Heilongjiang Province. In order to improve soil physical and chemical properties and increase maize yield, the effects of subsoiling, subsoiling straw returning, deep plowing straw returning and rotary tillage on soil physical and chemical properties and maize growth and development in spring were studied. The results showed that subsoiling straw returning significantly increased soil moisture and > 0.25 mm soil aggregate structure in subsoiling straw returning. Soil organic matter content increased significantly, soil bulk density and pH decreased significantly in deep plowing straw returning. At seedling stage, the root length, root number, root dry weight, plant height, stem diameter, leaf area and plant drying weight of maize were the highest in subsoiling straw returning. At the jointing stage, the root number, root dry weight, plant height, stem diameter, leaf area and plant dry weight were the highest in deep plowing straw returning. Compared with rotary tillage, maize yield in subsoiling straw returning and deep plowing straw returning increased by 2.8% and 4.1% in autumn. The increase of root number at seedling stage could significantly affect the stem diameter and dry weight at seedling stage. Root length at jointing stage had significant effect on plant height at jointing stage. There was a significant correlation between root dry weight and stem diameter at jointing stage. >0.25 mm aggregate structure was beneficial to the accumulation of available phosphorus in soil, while the increase of pH was not conducive to the accumulation of organic matter in soil. The increase of soil water content could increase the content of alkali hydrolyzable nitrogen and available potassium in soil.

Keywords: cultivation mode; soil physical and chemical properties; corn growth; semiarid agricultural area