

# 平茬方式对宁夏荒漠草原人工柠条林土壤物理性质及持水能力的影响

张小菊<sup>1</sup>, 每杭<sup>1</sup>, 沈艳<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750000; 2. 西北土地退化与生态恢复国家重点  
实验室培育基地, 宁夏 银川 750000)

**摘要:**人工种植柠条是宁夏荒漠草原植被恢复的重要措施之一,平茬利用既是生态需求也是生产需求。设4种不同平茬方式即隔一带平茬一带(G1P1)、隔两带平茬两带(G2P2)、隔三带平茬三带(G3P3)和隔五带平茬五带(G5P5)的人工柠条林带为研究对象,对样带的土壤持水量、孔隙度、容重等指标进行测定。结果表明:(1)平茬处理的毛管持水量较WP不同程度提高,而非毛管持水量减少;0~200 cm土层中毛管持水量为G3P3>G5P5>G2P2>G1P1>WP;非毛管持水量WP最大,G3P3最小。(2)平茬处理能有效改善土壤物理结构,在0~20 cm土层下,G3P3的粉粒、G5P5的细砂粒较WP增多,G3P3处理下粗砂粒、极粗砂粒均增多;土壤总孔隙度和毛管孔隙度均表现为G3P3>G5P5>G1P1>G2P2>WP;非毛管孔隙度和土壤容重分别表现为G2P2>G5P5>WP>G1P1>G3P3、G1P1>WP>G2P2>G5P5>G3P3。(3)综合分析得出:G3P3处理条件下,土壤持水量增高,毛管孔隙度增大,非毛管孔隙度减小,持水能力和蓄水性能增强,粉粒增多,容重减小,因此G3P3是更适宜于宁夏荒漠草原饲用柠条的平茬方式。

**关键词:**宁夏荒漠草原;人工柠条林;平茬方式;土壤物理性状;土壤持水能力

**中图分类号:**S153 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)04-0073-07

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.04.012

宁夏地处我国西北重要的农牧交错带,在我国农牧业发展中占据重要的地位。宁夏荒漠草原是全区分布面积最大的天然草原,约占该区草地总面积的一半以上<sup>[1]</sup>。近年来,在各种自然因素及人类行为干扰下,宁夏荒漠草原出现诸如土壤沙化、草地生态系统的生产力降低、土壤肥力下降等一系列的生态问题<sup>[2-3]</sup>。2000年以来,宁夏在干旱风沙区围封禁牧的同时,荒漠草原大量种植带状人工柠条(*Caragana*)灌丛林以增加植被盖度,改善荒漠草原生态环境<sup>[4]</sup>。目前,柠条在宁夏全区的种植面积近45万hm<sup>2</sup>,地上生物量高达80万t<sup>[5]</sup>。柠条以其重要的生态学和经济学价值,在

植被演替、水土保持方面扮演重要角色,同时可作为干旱、半干旱区家畜的粗饲料来源。

平茬是提高柠条林地生产力的重要措施,目前,国内外关于人工柠条平茬方式的研究表明成片平茬可使植物覆盖度减少,土壤大面积裸露,风蚀速度加快,加剧土壤流失。因此,只有对柠条林实行科学合理的平茬利用才能既满足生态需求,又满足生产需求。基于前人研究经验并结合本地区生产实际,本文以宁夏盐池荒漠草原4种不同平茬方式的人工柠条林为研究对象,测定柠条林带内的土壤物理性状及持水能力,确定适宜于荒漠草原的饲用柠条平茬方式,以期为柠条在宁夏荒漠草原的科学应用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

试验区位于宁夏盐池县柳杨堡村(N 37°50', E 107°19'),地处黄土高原南部,为干旱与半干旱区典型

收稿日期:2019-10-22;修回日期:2019-11-06

基金项目:宁夏自然科学基金(NZ17026)资助

作者简介:张小菊(1995-),女,甘肃静宁人,硕士研究生。

E-mail:z2449091299@163.com

沈艳为通讯作者。

E-mail:nxshenyan@163.com

的过渡带,是我国西北地区重要的绿色天然屏障,地形自南向北逐渐降低,北部与毛乌素沙漠相连,属于典型大陆性季风气候区,年降水量少,辐射较强,蒸发量大,年平均温度低,昼夜温差大,土壤以灰钙土为主。原生植被类型为短花针茅荒漠草原,目前植被类型以长芒草(*Stipa bungeana*)、短花针茅(*Stipa capillata*)、赖草(*Leymus secalinus*)、白草(*Pennisetum centrasiaticum*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、牛枝子(*Lespedeza potaninii*)等为主。

## 1.2 样地设置

为避免不同土地条件对土壤水分产生影响,样地尽量选择地势一致、地形因子等条件相近的地方。于2017年5月在宁夏盐池县柳杨堡村荒漠草原上选择5年生柠条林,样地面积为50 m×150 m,林带带距为6 m,设置不同隔带间距平茬试验,共设置隔一带平茬一带(G1P1)、隔两带平茬两带(G2P2)、隔三带平茬三带(G3P3)、隔五带平茬五带(G5P5)4个处理,每个处理3次重复,以未平茬(WP)为对照,于2017年5月均采用齐地平茬。

## 1.3 取样方法

2018年9月25日在不同平茬方式柠条带随机设置3个重复,每个采样点用直径为5 cm环刀分层采样,取0~200 cm土壤,间距为20 cm,每孔10层,将土样带回实验室;土壤颗粒组成测定,将采集的土样带回室内自然风干,风干后过2 mm筛,使用Malvern(MEA3000)进行土壤颗粒组成分析。

## 1.4 测定指标及方法

土壤水分及物理性质测定方法:根据中国林业行业标准《森林土壤分析方法》(LY/T1215-1999),采用环刀法测定土壤水分-物理性质,主要测定项目有土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度等。土壤容重和孔隙度采用环刀浸泡法,土壤颗粒组成采用马尔文2000激光粒度仪测定。土壤颗粒组成分析,依据美国制(USDA)标准<sup>[6]</sup>划分为砂粒(0.05~2.0 mm)、粉粒(0.002~0.05 mm)和黏粒(<0.002 mm)3级,进一步将砂粒细分为极细砂粒(0.05~1.0 mm)、细砂粒(0.1~0.25 mm)、中砂粒(0.25~0.5 mm)、粗砂粒(0.5~1.0 mm)、极粗砂粒(1.0~2.0 mm)。采用计算公式<sup>[7]</sup>:

土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = 环刀内土壤干重( $\text{g}$ )/环刀体积( $\text{cm}^3$ )

最大持水量(%) = (浸润12 h后环刀内湿土重 - 环刀内干土重)/环刀内干土重×100%

毛管持水量(%) = (在干沙上放置2 h后环刀内湿土重 - 环刀内干土重)/环刀内干土重×100%

非毛管孔隙度(%) = (最大持水量 - 毛管持水量) × 土壤容重 × 100%

毛管孔隙度(%) = 毛管持水量(%) × 土壤容重 × 100%

## 1.5 数据处理

采用Excel 2010进行试验数据的汇总,用SPSS 17.0统计分析,One-Way ANVOA( $P < 0.05$ )差异性分析,采用Origin 8.0绘图,用Excel 2010绘制表格。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同平茬方式对宁夏荒漠草原人工柠条林土壤物理性质的影响

2.1.1 不同平茬方式下人工柠条林土壤颗粒组成的变化 5种不同平茬人工柠条林带内土壤颗粒组成除极粗砂粒未表现出显著差异( $P > 0.05$ ),其他各指标均呈现显著差异( $P < 0.05$ ),且各处理土壤颗粒组成均以粉粒、极细砂粒、细砂粒为主,含量分别在24.05%~39.39%、23.02%~28.32%、25.62%~38.62%;粗砂粒和极粗砂粒含量最低。7个粒径中,G5P5、WP的粉粒含量在各粒径中占比最大,G3P3、G1P1的细砂粒含量占比最大。与0~20 cm土层土壤颗粒组成相比较,G3P3黏粒含量随土层加深而减小,其他各处理均随土层的加深呈现先增加后减少。对照WP粉粒含量整体呈现“V”字型,G5P5粉粒含量随土层加深而增加,G3P3与G5P5表现相反趋势,G1P1、G2P2先增加后减小。但与WP相比较,G3P3除0~20 cm土层外,粗砂粒在其他土层中有一定的含量。0~20 cm土层,G3P3处理条件下与WP比较G3P3的粉粒含量较高,G5P5的细砂粒含量较高;G3P3的每一土层内极细砂粒和细砂粒均高于WP(图1)。

2.1.2 不同平茬方式对宁夏荒漠草原人工柠条林带内土壤容重和孔隙度的影响 不同平茬方式人工柠条林带内总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均表现出显著差异( $P < 0.05$ )。除G1P1、WP外,其他各处理土壤容重随土层的加深呈先升高后减小,且各处理的土壤容重分布在1.01~1.04  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;除160~180 cm土层外,各处理的土壤容重在各土层中均存在显著

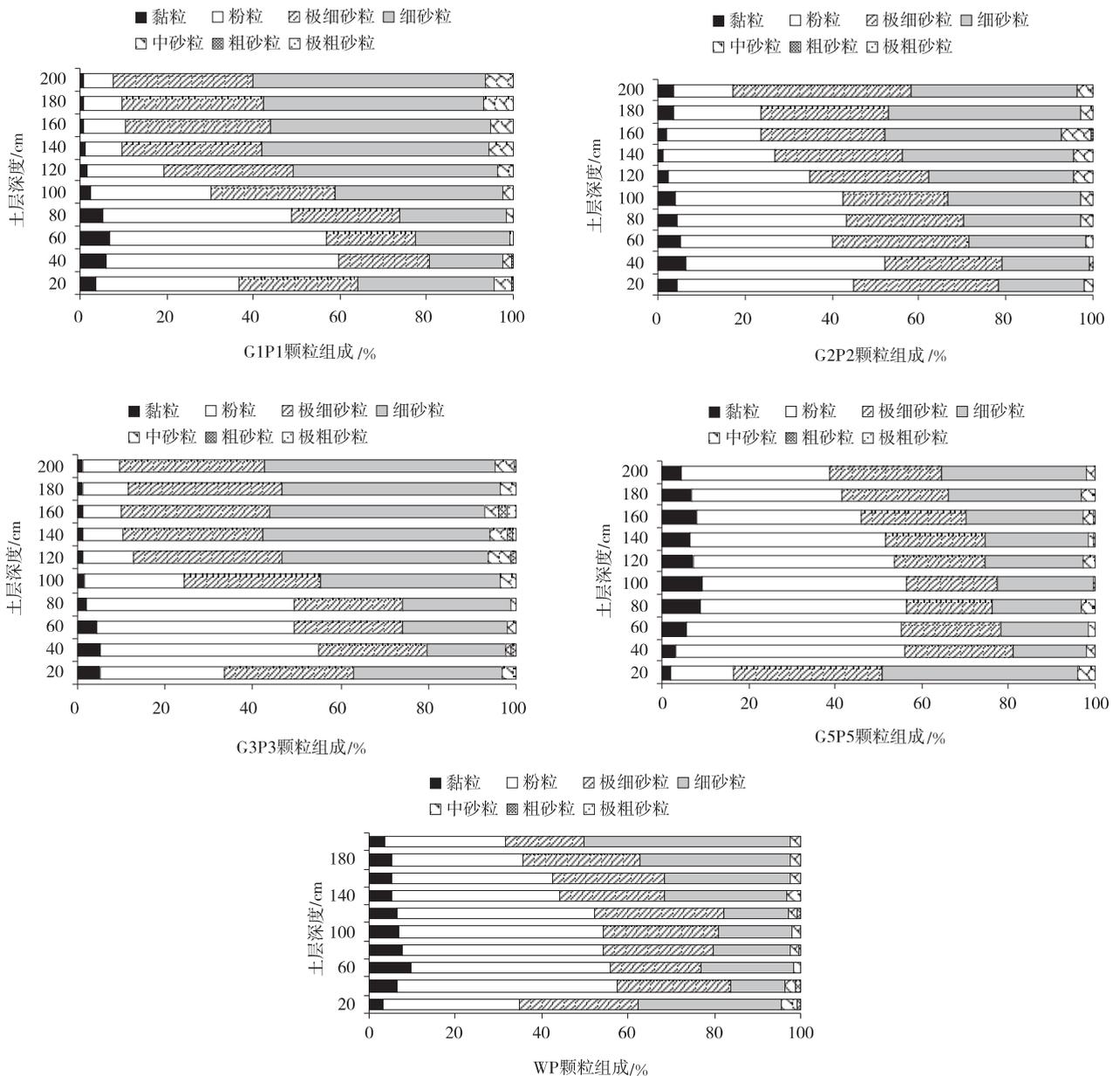


图 1 不同平茬人工柠条林土壤颗粒组成

Fig. 1 Composition of soil particles in each treated forest belt under different flat hoes

差异( $P < 0.05$ )。在 0~140 cm 土层,土壤容重变化较大;在 140~200 cm 土层,土壤容重趋于稳定(图 2A)。在同一土层不同处理条件下土壤总孔隙度均呈显著性差异( $P < 0.05$ ),各处理的土壤总孔隙度在 0~200 cm 土层内随土层的加深呈现先降低后升高的趋势。除 G1P1 处理条件下,其他各处理的总孔隙度均较 WP 高,其中 G3P3 的最大总孔隙度较 WP 高 8.41%,较 G5P5 高 4.17%,较 G2P2 高 4.36%(图 2B)。在 0~20 cm、40~60 cm 土层内各处理的毛管孔隙度,除 G1P1、G2P2 处理外,其他各处理均未表现出显著性差异( $P > 0.05$ );在其他各土层内不同处

理间均存在显著性差异( $P < 0.05$ ),此外随土层的加深呈现 V 字型;在 40~60 cm 土层内各处理的毛管孔隙度最小(图 2C)。同一土层不同处理间均存在显著性差异( $P < 0.05$ ),各处理条件下非毛管孔隙度随土层的加深未呈现出规律(图 2D)。各土层的非毛管孔隙度 G3P3 处理条件下较 WP 高,且 G3P3 最小毛管孔隙度较 WP 低 13.6%。除 180~200 cm 土层外,G3P3 的非毛管孔隙度在其他各土层中均低于其他各处理。综上所述,不同平茬人工柠条林带内的总孔隙度和毛管孔隙度均表现为 G3P3 处理下较其他各处理高。

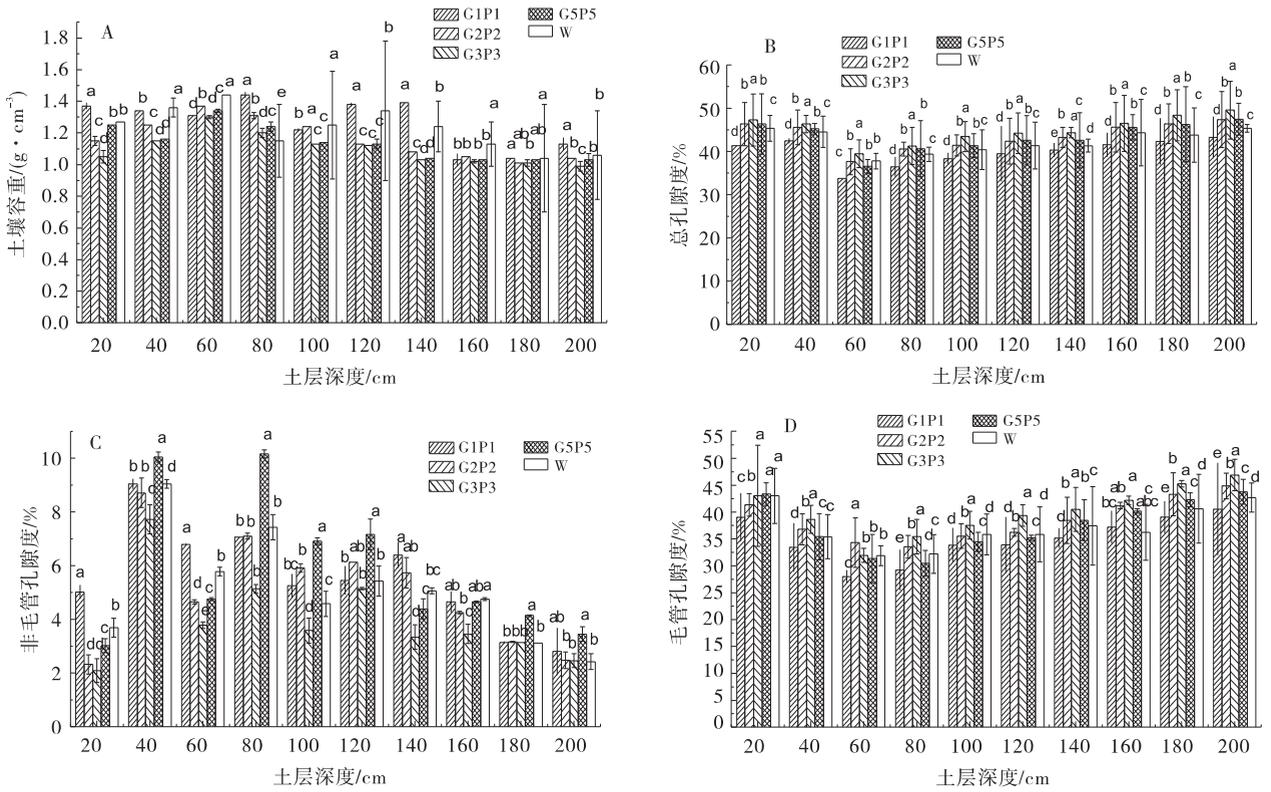


图2 不同平茬人工柠条林带内不同土层土壤的物理性状

Fig. 2 Vertical dynamics of soil physical properties in different strips of artificial Caragana

注:不同小写字母代表同一土层不同处理间差异显著( $P < 0.05$ ),下同

## 2.2 不同平茬方式对宁夏荒漠草原人工柠条林土壤持水性能的影响

0~200 cm 土层,WP 的土壤最大持水量、毛管持水量与其他各处理之间均存在显著差异( $P < 0.05$ ),其他各处理之间未表现出显著差异性( $P > 0.05$ ),各处理的均值呈现相同的变化趋势,且由大到小依次为  $G3P3 > G5P5 > G2P2 > G1P1 > WP$ 。非毛管持水量  $G1P1$  与  $G3P3$ 、 $G3P3$  与  $WP$  之间存在显著差异( $P < 0.05$ ), $G1P1$ 、 $G2P2$  与  $G5P5$  和  $G1P1$  与  $WP$  之间均未表现出差异( $P > 0.05$ ),土壤非毛管孔隙度的均值由大到小依次为  $WP > G1P1 > G2P2 > G5P5 > G3P3$ 。土壤非毛管持水量与最大持水量、毛管持水量变化趋势相反(图3)。

不同处理同一土层的最大持水量和毛管持水量均呈现显著性差异( $P < 0.05$ ),且随土层的加深呈现“升—降—升”的变化规律;每一土层不同处理间非毛管孔隙度均表现为显著差异( $P < 0.05$ ),除 60~80 cm 土层外,其他土层均表现为随土层的加深非毛管孔隙度逐渐减小的趋势。 $G3P3$  每一土层的最大持水量和毛管持水量较其他各处理高。在 40~60 cm 土层,各

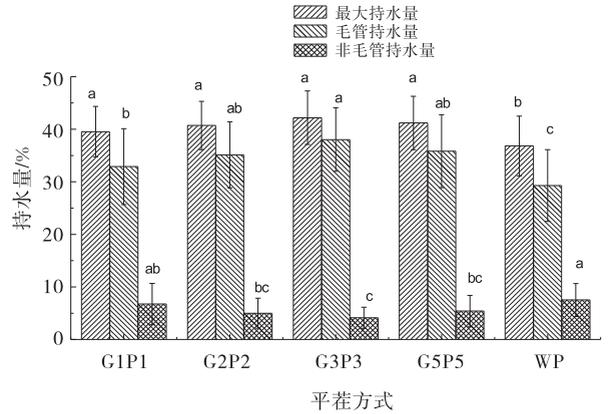


图3 不同平茬人工柠条林 0~200 cm 土壤平均持水量

Fig. 3 Soil moisture capacity of 0~200 cm in the forest belt of caragana under different flat stubble conditions

处理的土壤最大持水量和毛管持水量较低,在 180~200 cm 土层,土壤最大持水量和毛管持水量达到最大值(图 4A、B)。 $G3P3$  非毛管持水量与最大持水量、毛管持水量在每一土层的变化趋势相反,在 0~40 cm 土层非毛管持水量较其他各处理高,到达 180~200 cm 土层非毛管持水较其他各处理低(图 4C)。

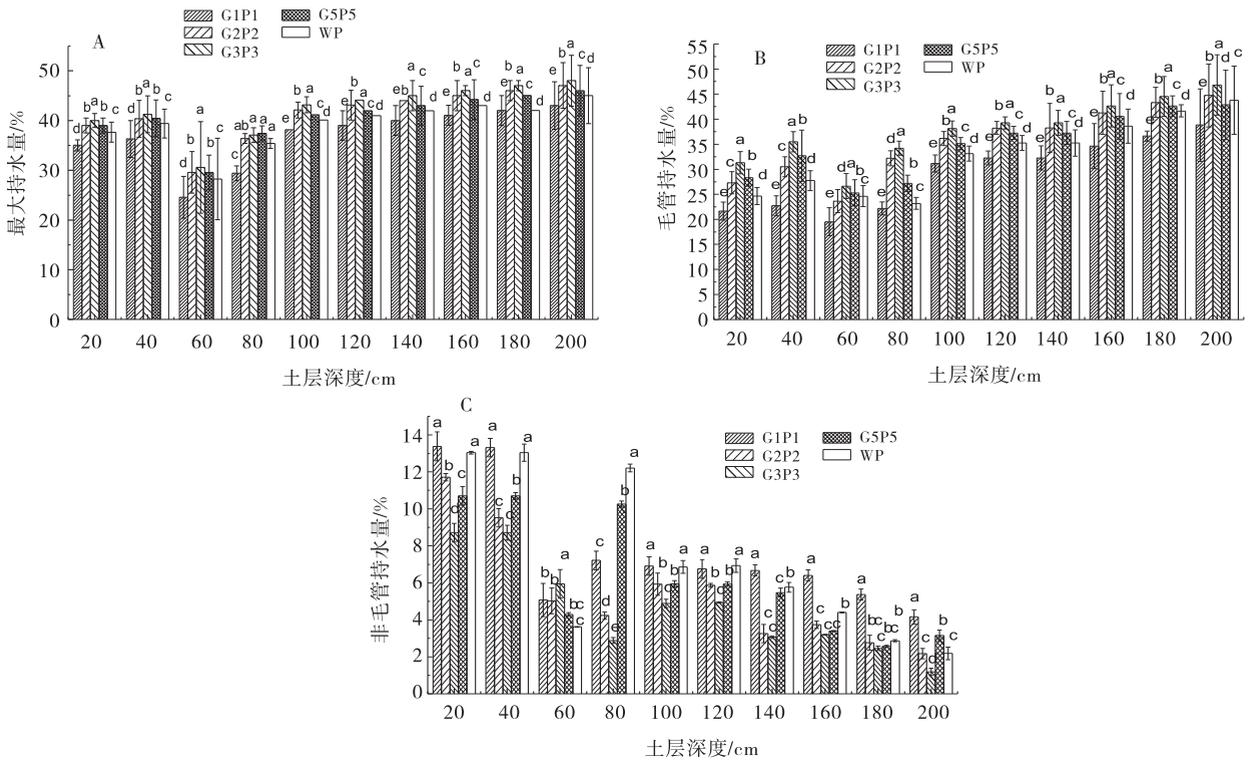


图 4 不同平茬人工柠条林带内土壤持水性能

Fig. 4 Soil water holding capacity of artificial Caragana forest under different flat hoes

### 3 讨论

土壤最大持水量是衡量土壤潜在蓄水能力的主要指标之一,毛管持水量和非毛管持水量分别表示毛管孔隙和非毛管孔隙中能够贮存的水分<sup>[8-9]</sup>。本研究将最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量作为衡量土壤持水性能的指标<sup>[10]</sup>。研究发现,0~200 cm 土层,对照 WP 与其他各处理的土壤最大持水量和毛管持水量及总孔隙度和毛管孔隙度均存在显著差异性 ( $P < 0.05$ ),且不同平茬处理条件下最大持水量与毛管持水量、总孔隙度、毛管孔隙度均较 WP 高,其中 G3P3 的最大总孔隙度较 WP 高 8.41%,较 G5P5 高 4.17%,较 G2P2 高 4.36%。这是由于与未平茬相比较,平茬措施可使柠条植株分蘖数,分枝数及生物量增多,因此平茬措施下地表覆盖物增多,水分蒸发相对减少,枯落物进一步分解,土壤孔隙度增大,枯落物对地表水有一定的拦截作用,促使土壤持水量随之增高<sup>[11]</sup>。在每一土层,G3P3 与其他各处理的土壤大持水量与毛管持水量、总孔隙度、毛管孔隙度均有所提高,且随土层加深逐渐增大。荒漠草原植被主要以浅根植物为主,根系对深层土壤结构影响较小<sup>[12]</sup>,而本研究发现各处理的土壤最大持水量与毛管持水量随土层加深而增大。由

此可以得出种植人工柠条林对土壤结构具有显著改善效果,且不同平茬方式下柠条林生境发生改变因此该措施下所产生的生态响应不同<sup>[11]</sup>。此外,非毛管持水量与非毛管孔隙度与最大持水量和毛管持水量变化呈现相反变化趋势,随土层的变化呈现“V”字型变化,且除 180~200 cm 土层,G3P3 处理条件下非毛管持水量均较其他各处理小。同一处理不同土层持水量不同,可能是柠条根系分布情况不同及根际微生物活动对土壤结构造成影响<sup>[13]</sup>,且非毛管孔隙与土壤重力水有密切关系,非毛管孔隙度越大,土壤中的水分流失越快,下渗性越强,土壤的蓄水能力越差<sup>[14]</sup>。本研究发现与 WP 相比较 G3P3 处理条件下,随土层加深土壤总孔隙度、毛管孔隙度、毛管持水量与容重变化呈现相反趋势,土壤容重越小,土壤毛管孔隙孔隙度越大,非毛管孔隙度越小,则土壤持水性能及蓄水能力越好<sup>[10]</sup>。

土壤颗粒是土壤结构形成的基础物质,土壤颗粒分布状况可以反映土壤的物理性质状况如持水量、容重和孔隙度等<sup>[15]</sup>,土壤颗粒组成复杂程度反映土壤质量状况<sup>[16]</sup>。本研究发现,各处理条件下土壤颗粒组成均以粉粒、极细砂粒、细砂粒为主。7 个粒级中,G5P5、WP 的粉粒含量在各粒级中占比最大,G3P3、G1P1 的细砂粒含量占比最大。除 0~20 cm 土层外,G3P3 黏

粒含量随土层加深而减小,其他各处理均随土层的加深呈现先增加后减少。对照 WP 粉粒含量整体呈现“V”字型,G5P5 粉粒含量随土层加深而增加,G3P3 与 G5P5 表现相反趋势,G1P1、G2P2 先增加后减小。在 0~20 cm 土层,G3P3 处理条件下,与 WP 比较 G3P3 的粉粒含量较高,G5P5 的细砂粒含量较高;G3P3 的每一土层内极细砂粒和细砂粒均高于 WP。人工措施可使荒漠草原土壤质量有所改善,粗砂粒逐渐减少,粉粒和细砂粒增多,这与前人研究一致<sup>[17-18,11]</sup>。此外,有研究表明土壤表层植被覆盖,凋落物分解,腐殖质、养分增多促使土壤团聚体发生改变,土壤粒径分布发生变化,呈现一定的聚表效应<sup>[19]</sup>。可能是不同植被配置方式、根系分布等影响因素对土壤物理性状改善效果不同<sup>[20]</sup>。

本试验对宁夏盐池荒漠草原不同平茬方式人工柠条林的土壤系统垂直方向的土壤持水量、容重、颗粒组成、土壤孔隙度进行初步对比分析,但植物土壤系统是一个比较复杂的生态系统,不同平茬处理下的人工柠条带对土壤持水性能、物理性状的影响机制非常复杂,如植物根系的分布、土壤微生物活动及其他气象因子的影响等,需更深入地探索研究。

## 4 结论

在宁夏荒漠草原区,不同平茬方式对人工柠条林土壤毛管持水量、颗粒组成、孔隙度、容重等物理性状影响不同( $P < 0.05$ )。土壤 0~200 cm 土层毛管持水量在不同平茬方式下较 WP 均有提高,以 G3P3 处理为最大,WP 最小;非毛管持水量则不同程度减少,且均值由大到小依次为  $WP > G1P1 > G2P2 > G5P5 > G3P3$ ;平茬处理下有效改善土壤物理结构,土壤颗粒组成 G3P3 的粉粒、G5P5 的细砂粒较 WP 增多,G3P3 处理下粗砂粒、极粗砂粒均有所增加;土壤总孔隙度和毛管孔隙度均表现为  $G3P3 > G5P5 > G1P1 > G2P2 > WP$ ;非毛管孔隙度和土壤容重分别表现为: $G2P2 > G5P5 > WP > G1P1 > G3P3$ 、 $G1P1 > WP > G2P2 > G5P5 > G3P3$ 。综合分析得出 G3P3 处理条件下,土壤持水量增高,毛管孔隙度增大,非毛管孔隙度减小,持水能力和蓄水性能提高,粉粒增多,容重减小,因此 G3P3 是更适宜于宁夏荒漠草原饲用柠条的平茬方式。

### 参考文献:

[1] 张晶晶,许冬梅.宁夏荒漠草原不同封育年限优势种群的

生态位特征[J].草地学报,2013,21(1):73-78.

- [2] 安慧.放牧干扰对荒漠草原优势植物形态可塑性及生物量分配的影响[J].干旱区资源与环境,2014,28(11):116-121.
- [3] 唐庄生,安慧,上官周平.荒漠草原沙漠化对土壤养分与植被根冠比的影响[J].草地学报,2015,23(3):463-468.
- [4] 牛宋芳,刘秉儒,张文文,等.荒漠草原不同土壤类型柠条根际土壤养分与土壤颗粒分布特征研究[J].西北林学院学报,2019,34(1):25-30.
- [5] 卞莹莹,陈林,王建明,等.平茬对荒漠草原区人工柠条林地土壤理化性质的影响[J].草地学报,2018,26(6):1347-1353.
- [6] 杨志勇,陈新闯,郭建英,等.乌兰布和沙漠不同土地利用类型粒度特征分析[J].中国水土保持,2015(7):50-53+73.
- [7] 张万儒,许本彤.森林土壤定位研究方法[M].北京:中国林业出版社,1986.
- [8] 杨婷惠,祁凯斌,黄俊胜,等.林窗式疏伐对云杉人工林土壤持水性能的影响[J].应用与环境生物学报,2018,24(5):1171-1178.
- [9] 文志,赵赫,刘磊,等.土地利用变化对海南土壤水源涵养功能的影响[J].应用生态学报,2017,28(12):4025-4033.
- [10] 杨婷惠,祁凯斌,黄俊胜,等.林窗式疏伐对云杉人工林土壤持水性能的影响[J].应用与环境生物学报,2018,24(5):1171-1178.
- [11] 周静静,马红彬,周瑶,等.荒漠草原不同带间距人工柠条林平茬对林间生境的影响[J].草业学报,2017,26(5):40-50.
- [12] 王玲,冯茂松,洪志刚,等.兴文县香椿人工林土壤物理性质研究[J].土壤,2014,46(3):512-517.
- [13] 高玉寒,姚云峰,郭月峰,等.柠条锦鸡儿细根表面积密度对土壤水分空间分布的响应[J].农业工程学报,2017,33(5):136-142.
- [14] 姜淑兰,刘目兴,易军,等.三峡山地不同类型植被和坡位对土壤水文功能的影响[J].生态学报,2019,39(13):4844-4854.
- [15] 梁博,林田苗,任德智,等.土地利用方式对雅江中游土壤理化性质及颗粒分形特征的影响[J].土壤,2018,50(3):613-621.
- [16] 方露,李晓宁,唐香君,等.岷江上游杂谷脑河流域林树下土壤持水性及影响因素[J].水土保持研究,2018,25(5):95-102.
- [17] Katie Price, Rhett Jackson C, Albert J Parker. Variation

- of surficial soil hydraulic properties across land uses in the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA[J]. *Journal of Hydrology*, 2010, 383(3-4): 256-268.
- [18] Feng Jiao, Zhong-Ming Wen, Shao-Shan An. Changes in soil properties across a chronosequence of vegetation restoration on the Loess Plateau of China[J]. *Catena*, 2011, 86(2): 110-116.
- [19] 宿婷婷, 马红彬, 周瑶, 等. 黄土丘陵典型草原土壤理化性质对生态恢复措施响应[J]. *草业学报*, 2019, 28(4): 34-46.
- [20] Wang Li, Mu Yan, Zhang Qingfeng, *et al.* Effects of Vegetation Restoration on Soil Physical Properties in the Wind - Water Erosion Region of the Northern Loess Plateau of China[J]. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 2012, 40(1): 7-15.

# Effects of stubble on soil physical properties and water holding capacity of artificial *Caragana* in Ningxia desert steppe

ZHANG Xiao-ju<sup>1</sup>, MEI Hang<sup>1</sup>, SHEN Yan<sup>1,2</sup>

(1. *Agriculture College in Ningxia University, Yinchuan 750000, China*; 2. *Key Laboratory of Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystem in Northwestern China, Ningxia University, Yinchuan 750000, China*)

**Abstract:** Artificial *Caragana* planting is one of the important measures for vegetation restoration in the desert steppe, Ningxia, stubble utilization is both ecological and production demand. In this study, we measured the soil water holding capacity, porosity, bulk density and physical indicators in the sample belt of five different management practices of stubble spacing, such as stubble one belt with one belt no stubble (G1P1), stubble two belts with two belts no stubble (G2P2), stubble three belts with three belts no stubble (G3P3), stubble five belts with five belts no stubble (G5P5), and no stubble (WP). The results showed that: (1) The capillary water holding capacity of stubble was higher than that of WP, the non capillary water holding capacity of stubble decreased; the capillary water holding capacity of soil in the 0~200 cm decreased in the order: G3P3>G5P5>G2P2>G1P1> WP; the non capillary water holding capacity of WP was the largest and that of G3P3 was the smallest. (2) Stubble treatment can effectively improve the physical structure of the soil. When compared with WP treatment, the silt of G3P3 and the fine sand of G5P5 in soil layer of 0~20 cm were higher, the coarse sand and extremely coarse sand of G3P3 were higher in each soil layer; the the total porosity and capillary porosity of the soil were as follows: G3P3>G5P5>G1P1>G2P2>WP; the non capillary porosity and soil bulk density were as follows, respectively: G2P2>G5P5>WP>G1P1>G3P3, G1P1>WP>G2P2>G5P5>G3P3. In conclusion, G3P3 treatment can enhanced the soil water holding capacity and capillary porosity, reduced the non capillary porosity and bulk density. Therefore, G3P3 was more suitable for the stubble of forage *Caragana* in desert steppe of Ningxia.

**Key words:** ningxia desert steppe; artificial *Caragana*; flat stubble mode; soil physical properties; soil water holding capacity