

民勤绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀的影响

李银科, 徐先英, 张莹花, 刘虎俊, 张卫星, 万翔

(甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地,

甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 甘肃省治沙研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要: [目的] 研究绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀的影响, 评估保护性耕作在该区防治农田土壤风蚀的作用, 为揭示相关机理提供参考。[方法] 以甘肃省民勤治沙综合试验站为例, 通过野外风洞试验, 以传统耕作作为对照, 分析保护性耕作对风速廓线、风沙流结构(输沙量)、风蚀量的影响。[结果] 保护性耕作近地表风速降低, 大风时近地表风速随高度增加仍均匀增大, 与传统耕作迅速增大不同, 从而阻止风沙流结构出现“象鼻效应”, 输沙量在 0—20 cm 减小最为明显, 土壤风蚀量减小。随试验风速的增大, 保护性耕作土壤风蚀减小的程度越大。[结论] 绿洲灌区保护性耕作能有效防止土壤风蚀, 其中, 立茬地表风速降低最多, 输沙量、风蚀量较小, 实施简便, 适宜推广应用。

关键词: 保护性耕作; 土壤风蚀; 输沙量; 野外风洞; 绿洲灌区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2020)03-0249-04

中图分类号: S157.2

文献参数: 李银科, 徐先英, 张莹花, 等. 民勤绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(3): 249-252. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.03.036; Li Yinke, Xu Xianying, Zhang Yinghua, et al. Effects of conservation tillage on soil wind erosion in Minqin Oasis irrigation area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(3): 249-252.

Effects of Conservation Tillage on Soil Wind Erosion in Minqin Oasis Irrigation Area

Li Yinke, Xu Xianying, Zhang Yinghua, Liu Hujun, Zhang Weixing, Wan Xiang

(State Key Laboratory Breeding Base of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Gansu Minqin

National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: [Objective] The effects of conservation tillage on soil wind erosion in an oasis irrigation area were studied. The role of conservation tillage of farmland in preventing and controlling soil erosion was evaluated to provide a theoretical basis for revealing related mechanisms. [Methods] Taking Minqin Integrated Desert Control Experimental Station in Gansu Province as a study area, based on field wind tunnel test, taking traditional tillage as the control, the effects of conservation tillage on the wind speed profile, sand flow structure (sediment discharge), and amount of wind erosion were analyzed. [Results] In conservation tillage, the wind speed near the surface decreased. At a high wind speed, the near-surface wind speed increased uniformly with the increase in height. This was different from the rapid increase in traditional tillage, preventing the sand flow structure from showing the “elephant nose effect.” The decrease of sediment discharge was most evident at 0—20 cm, and the amount of soil wind erosion decreased. With the increase of the test wind speed, the decrease in the degree of wind erosion by conservation tillage was greater. [Conclusion] Conservation tillage could effectively prevent soil wind erosion in oasis irrigation areas. The decreasing wind speed of standing stubble was maximum, and the sediment discharge and rate of soil wind erosion were low. The standing stubble method was easy to implement and is suitable for promotion and application.

Keywords: conservation tillage; soil wind erosion; sediment discharge; field wind tunnel; oasis irrigation area

沙尘天气给人们生活及工农业生产带来了极大的危害, 农田土壤又是沙尘的重要来源^[1-2]。传统耕

作农田对土壤多次翻耕造成一个疏松的表层, 导致土壤风蚀发生^[3]。保护性耕作农田通过以下几个方面

抑制土壤风蚀^[4-5]:①残茬可分解风力对地表的剪应力,消耗风动量;②残茬根系有固土并减少地表土壤水分蒸发的作用,残茬还可拦截风沙流中的土壤颗粒,降低沙尘颗粒对地表的磨蚀作用;③残茬覆盖可使地表免受风的直接吹蚀,保护了易蚀性土壤颗粒,保护性耕作还可以改善土壤团粒结构,增加抗蚀性土壤颗粒。国内外大量研究表明,以残茬覆盖为中心的保护性耕作能大幅减少农田土壤风蚀,是一项能有效防止风蚀的耕作方法^[6-7]。

目前,国内有关保护性耕作对土壤风蚀的研究主要集中在旱作农业区,绿洲灌区研究很少,已有研究主要以室内风洞试验为手段,缺少田间试验。本文以民勤绿洲灌区农田为研究对象,用野外风洞在农田地表模拟自然风速,测定不同耕作下垫面土壤风蚀特征,以期评估保护性耕作防治农田土壤风蚀的作用和揭示相关机理研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于巴丹吉林沙漠东南缘的民勤治沙综合试验站,地理位置为 103°51'E,38°38'N,海拔 1 378 m。该区域属于典型的温带大陆性荒漠气候区,冬季寒冷,夏季酷热,昼夜温差大,年平均气温 7.6℃,极端低温-30.8℃,极端高温 40.0℃,无霜期 175 d;降水量小,蒸发量大,气候干燥。年均降水量 113.2 mm,年均蒸发量 2 604.3 mm,干燥度平均 5.1,最高达 18.7,相对湿度 47%。光热充足,年均日照时数 2 799.4 h,≥10℃的活动积温 3 036.4℃。冬春季盛行西北风,全年风沙日可达 83 d,多集中在 3—5 月份,年均风速 2.5 m/s,最大风速为 23.0 m/s。地带性土壤为灰棕荒漠土,试验地土壤为灌漠土,质地为砂壤,位于沙地边缘,潜水平深 16 m 以下。

1.2 试验设计

以传统耕作为对照,设置 4 个保护性耕作措施:①传统耕作处理,前茬作物收获后深耕灭茬、耙耱整平,不覆盖;②免耕不覆盖处理,前茬作物收获后免耕,不覆盖;③免耕秸秆覆盖处理,前茬作物收获后免耕并将秸秆切成 5 cm 长度覆盖;④立茬处理,前茬作物收获后免耕,留茬高度 20 cm,另不覆盖;⑤残茬压倒处理,前茬作物收获后免耕,留茬高度 20 cm,并压倒,另不覆盖。每个耕作措施有 3 个重复样方,共 15 个样方,随机排列,样方大小为 6.7 m×60.0 m,样方的长边与主风向一致,这样可以保证样方之间不受风的影响。保护性耕作试验在 2015—2017 年进行,试验作物为春小麦,试验地前茬为葵花,该区春小麦 3 月播种,7 月收割,春小麦生育期灌溉 5 次,年底

冬灌 1 次,每次约 1 500 m³/hm²,均为漫灌。2014 年在所有样方用传统耕作种植小麦,收割时按上述试验设计设置试验,2015—2017 年按试验设置种植小麦,2018 年春没有种植小麦,其他管理同上年,仅做野外风洞试验,试验于 2018 年 4 月进行。各处理 0—5 cm 土壤含水量及干团聚体组成如表 1 所示。

表 1 试验区地表土壤含水量和干团聚体组成 %

处理	含水量	干团聚体组成/mm			
		>1	1~0.25	0.25~0.05	<0.05
传统耕作	2.59	25.55	22.82	49.95	1.68
免耕不覆盖	7.30	30.54	31.38	37.00	1.08
免耕秸秆覆盖	10.70	45.13	26.28	27.31	1.28
立茬	8.76	36.05	33.40	29.56	0.99
残茬压倒	9.33	39.77	27.63	31.68	0.92

试验应用甘肃省治沙研究所研制的野外土壤风蚀风洞,该风洞总长为 12.5 m,试验段长 5 m,横截面 0.6 m×0.6 m,风速 0~20 m/s 可调。风洞洞体由进气段、动力段、过渡段、扩大段、稳流段、第一收缩段、第二收缩段和试验段 8 部分组成。风洞动力采用南京鼓风机厂的定型风机,型号 SW2-11-N0.8,功率 11 kW,电源来自一台 10 kW 汽油发电机。整流段由过渡段、扩大段、稳流段、第一收缩段和第二收缩段组成,总长 4.9 m。试验时,将风洞放置在测试区,风洞轴线与该区主风向平行,在试验段前段、洞体中心安置皮托管设定风速,设 5,10,15 m/s 共 3 个风速水平,在试验段末端用皮托管采集 5,10,15,20 cm 高度处风速,同时在试验段末端用阶梯式集沙仪(30 孔,每孔口径为 2 cm×2 cm)收集 0—60 cm 高度输沙量。另外,用 30 cm×30 cm,高 10 cm 的原状土壤取样器在放置风洞旁的地表取原状土壤,在试验地中间位置挖 30 cm×30 cm×10 cm 放置原状土壤的小坑,将所取原状土壤连同取样器放进小坑,使土壤样品表面与地表齐平。然后由低到高设置风洞风速,在设定风速下吹蚀 10 min,待风速稳定后进行风速采集,采集时间为 2 min,每次吹蚀后将原状土样取出用感量为 0.1 g 电子天平称量,计算累积风蚀量,即同一样方某一风速下的风蚀量与上次较小风速下的风蚀量之和。

1.3 数据分析

数据分析使用 SPSS13.0 统计软件,以耕作方式为变量,对风蚀量和输沙量进行单因素方差分析,用最小显著性差异 LSD($p < 0.05$)法进行处理间差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 不同耕作处理风速廓线的变化

传统耕作和保护性耕作处理在不同风速下 5—

20 cm 高度的风速廓线见图 1。由图 1 可以看出,与传统耕作相比,不同风速下,各保护性耕作处理均能不同程度地降低风速,立茬处理风速降低幅度最大,风速的大小顺序为:传统耕作>残差压倒>免耕秸秆

覆盖>免耕不覆盖>立茬。5—10 cm 高度,15 m/s 风速下,传统耕作风速随高度增速很快,残差压倒增速也较快,其他保护性耕作处理在 5—20 cm 高度随高度增加增速比较均匀。

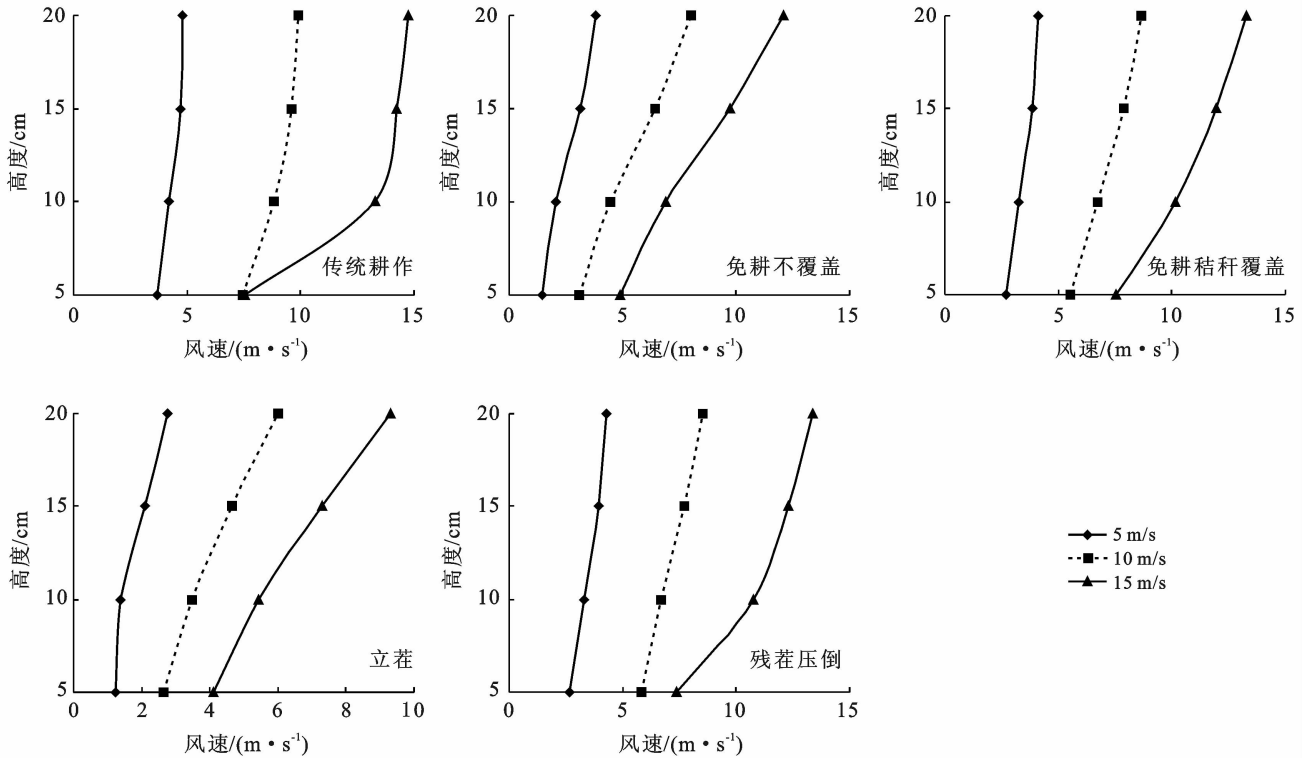


图 1 各处理在不同试验风速下的风速廓线特征

2.2 不同耕作处理风沙流结构(输沙量)的变化

不同试验风速下传统耕作和保护性耕作风沙流结构如图 2 所示。由图 2 可知,在 5 m/s 风速下,各处理风沙流结构相似;在 10 m/s 风速下,0—20 cm 输沙量传统耕作较为明显地大于各保护性耕作;风速增大到 15 m/s,传统耕作 0—20 cm 输沙量非常明显

地大于各保护性耕作、风沙流结构呈现“象鼻效应”,最大输沙量出现在距地面 5 cm 的高度处。各保护性耕作风沙流结构在不同风速下基本一致,即使大风下也没有出现“象鼻”。研究结果表明保护性耕作能够大幅降低近地面强烈的土壤风蚀,这种作用随风速的增大更加明显。

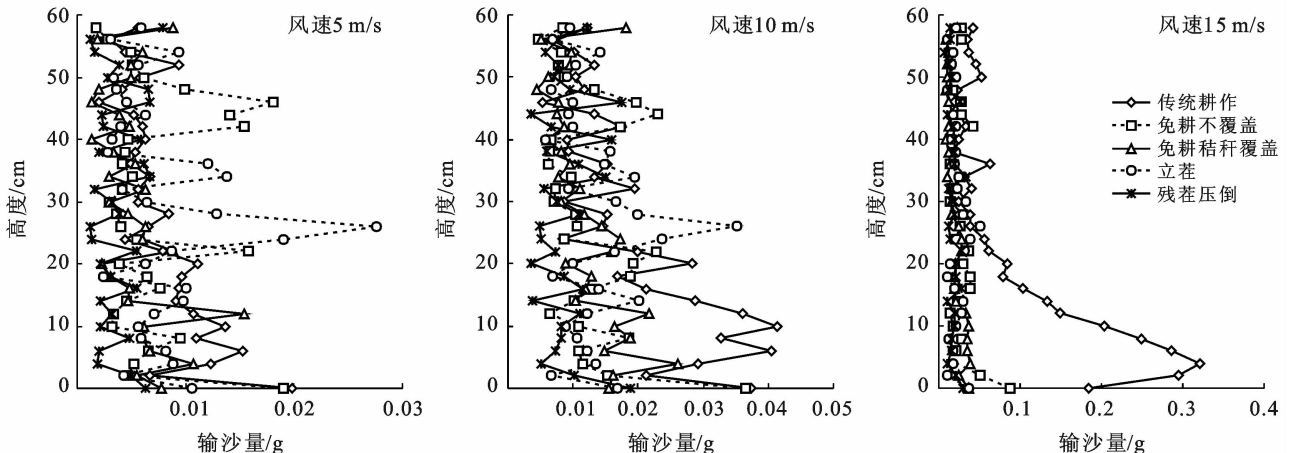


图 2 不同试验风速下各处理的风沙流结构特征

各处理在不同风速下 0—60 cm 高度输沙量见表 2。不同风速下,各保护性耕作输沙量均小于传统耕作,不同保护性耕作处理之间输沙量差异均不显著。风速为 5 m/s 和 10 m/s 时,各保护性耕作与传统耕作之间输沙量差异均不显著,风速越大,这种差异越明显,风速达到 15 m/s 时,各保护性耕作输沙量显著小于传统耕作。

表 2 不同试验风速下的 0—60 cm 高度输沙量比较 g

处理	不同试验风速输沙量		
	5 m/s	10 m/s	15 m/s
传统耕作	0.24±0.19 ^a	0.57±0.32 ^a	2.80±1.58 ^a
免耕不覆盖	0.21±0.12 ^a	0.38±0.08 ^a	0.81±0.23 ^b
免耕秸秆覆盖	0.16±0.07 ^a	0.36±0.01 ^a	0.61±0.01 ^b
立茬	0.24±0.09 ^a	0.39±0.14 ^a	0.67±0.28 ^b
残茬压倒	0.11±0.05 ^a	0.26±0.05 ^a	0.53±0.08 ^b

注:同一列不同字母表示数据之间差异显著($p<0.05$)。

2.3 不同耕作处理风蚀量的变化

传统耕作和保护性耕作的土壤风蚀量均随着风速的增大而增大(见表 3)。与传统耕作相比,在不同试验风速下,各保护性耕作土壤风蚀量均不同程度地降低;5 m/s 试验风速下,免耕秸秆覆盖和立茬风蚀量显著降低;由于 10,15 m/s 试验风速下传统耕作土壤风蚀量变异很大,各保护性耕作处理土壤风蚀量的下降不显著。

表 3 各处理在不同试验风速下的土壤风蚀量比较 g

处理	不同试验风速		
	5 m/s	10 m/s	15 m/s
传统耕作	7.9±1.6 ^a	24.1±19.4 ^a	28.0±23.1 ^a
免耕不覆盖	5.7±1.6 ^a	7.9±4.1 ^a	10.4±4.5 ^a
免耕秸秆覆盖	2.3±0.7 ^b	3.9±0.4 ^a	6.6±2.4 ^a
立茬	2.0±0.4 ^b	4.4±1.1 ^a	8.2±1.9 ^a
残茬压倒	5.6±0.3 ^a	8.7±0.7 ^a	13.8±0.6 ^a

注:同一列不同字母表示数据之间差异显著($p<0.05$)。

3 讨论与结论

保护性耕作可以有效地降低近地表风速^[8]。传统耕作地表无残茬的阻挡,近地表风速大,各保护性耕作处理的残茬消减了风速,由于留茬的不同,各保护性耕作消减风速的程度也不同。立茬有 20 cm 高的留茬,消减风速的能力最强,残茬压倒由于残茬被压倒风速消减能力最差,免耕不覆盖和免耕秸秆覆盖介于中间。

保护性耕作农田输沙量与高度变化符合指数函数关系,土壤颗粒主要集中在近地表层内运动^[9]。本

研究中,保护性耕作输沙量不论在多大风速下都随高度的增加逐渐减小,风沙流结构类似于指数函数,而传统耕作在大风时 5—10 cm 高度风速迅速增大,裹挟较多风蚀物离开地面,输沙量在距地面 5 cm 高度处出现最大值,风沙流结构出现“象鼻效应”,风速在 5 m/s 时已有“象鼻”雏形,10 m/s 时比较明显,15 m/s 时“发育成熟”(图 2)。由于残茬消减风速,即使在大风时近地表风速也均匀增大,保护性耕作正是这样阻止了“象鼻”的形成,从而明显降低了近地面输沙量。近地面风速较小情况下的田间输沙量实测值表明,输沙量随高度的增加呈递减趋势^[3,5],这与本研究结果相近。陈智等^[10]研究表明,风速在 7~17 m/s 范围内,传统耕作风沙流结构均遵循指数函数、留茬保护性耕作均出现“象鼻效应”。这与本研究结果不同,原因为:①本研究中心风速在距地表 30 cm 高度处,该研究在 60 cm 高度处,传统耕作地最大风速 17 m/s 时相当于本研究中 14m/s 时的风速;②地表土壤含水量不同,本研究传统耕作地表为 2.59%,该研究为 4.78%,土壤相对不易被风蚀;③试验时风洞的放置方向和留茬高度不同,本研究风洞轴线与麦茬行向平行、留茬高度为 20 cm,该研究风洞轴线与垄向即麦茬行向垂直、留茬高度为 30 cm,这样留茬消减风速的作用更强。综合以上试验设置和土壤水分的不同,陈智等^[10]研究中传统耕作风蚀程度低于本研究,所以未出现“象鼻效应”;该研究留茬抬高了风速廓线,最大输沙量出现在残茬以上,风沙流结构出现了“象鼻效应”。本研究中立茬处理 25 cm 高度附近输沙量出现较大值,是因为立茬附着了较多上风向带来的沙尘,此高度风速也较大不受立茬的阻止而形成的。严长庚等^[11]研究表明,保护性耕作能减小风蚀量,风蚀量随风速增大而增大,这与本研究结果相同。

保护性耕作的残茬不仅降低了风速,而且通过减少风对土壤的直接吹蚀、以及保持土壤较高的含水量,从而减小了土壤风蚀量。与传统耕作相比,保护性耕作降低了地表风速,阻止风沙流结构出现“象鼻效应”,减小了输沙量,降低了土壤风蚀量。风速越大,保护性耕作减小土壤风蚀的程度越大。立茬处理消减风速幅度最大,免耕秸秆覆盖和立茬处理输沙量和风蚀量均较小,再考虑到立茬在实际生产中实施简便,因此认为立茬处理最优。综上,绿洲灌区保护性耕作能有效防止田间土壤风蚀,立茬适宜推广应用。

[参 考 文 献]

- [1] 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.

- 2010,21(1):87-90.
- [4] 李和兵,穆振侠,洪明,等.干旱半干旱地区成龄核桃灌水方式优选[J].节水灌溉,2013(6):36-39,42.
- [5] 赵经华.干旱区成龄核桃微灌技术与根区土壤水分模拟研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.
- [6] 杨小振,张显,马建祥,等.滴灌施肥对大棚西瓜生长、产量及品质的影响[J].农业工程学报,2014,30(7):109-118.
- [7] Pan Junfeng, Liu Yanzhuo, Zhong Xuhua, et al. Grain yield, water productivity and nitrogen use efficiency of rice under different water management and fertilizer-N inputs in South China [J]. *Agricultural Water Management*, 2017,184:191-200.
- [8] Kiani M, Gheysari M, Mostafazadeh-Fard B, et al. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region [J]. *Agricultural Water Management*, 2016,171:162-172.
- [9] 梁智,邹耀湘,张计峰.新疆南疆核桃树氮磷钾肥料效应试验研究[J].新疆农业科学,2010,47(5):958-963.
- [10] 杜研,杨文忠,孙林琦,等.不同施肥处理对核桃叶片光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J].甘肃农业大学学报,2015,50(4):97-102.
- [11] 陈加利,姜喜,张宏,等.不同水肥处理对核桃光合特性和产量的影响[J].新疆农业科学,2015,52(11):2043-2050.
- [12] 王世伟,潘存德,胡珍珠,等.特定土壤条件下“新温185”核桃根施氮磷钾肥细根根长密度效应研究[J].北方园艺,2019(6):54-59.
- [13] 王忠任.滴灌核桃树产量和品质的水肥耦合效应研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.
- [14] 邢英英,张富仓,吴立峰,等.基于番茄产量品质水肥利用效率确定适宜滴灌灌水施肥量[J].农业工程学报,2015,31(S1):110-121.
- [15] 何进宇,田军仓.膜下滴灌旱作水稻水肥耦合模型及组合方案优化[J].农业工程学报,2015,31(13):77-82.
- [16] 王振华,扁青永,李文昊,等.南疆沙区成龄红枣水肥一体化滴灌的水肥适宜用量[J].农业工程学报,2018,34(11):96-104.
- [17] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983:344-345.
- [18] 李强,史星雲,牟德生,等.凉州灌区酿酒葡萄氮肥施用研究[J].水土保持通报,2018,38(5):336-340.
- [19] 井大炜.灌溉方式对杨树根系分布及硝态氮运移的影响[J].水土保持通报,2014,34(1):70-73,78.
- [20] Dettori M, Cesaraccio C, Motroni A, et al. Using CERES-Wheat to simulate durum wheat production and phenology in Southern Sardinia, Italy [J]. *Field Crops Research*, 2011,120(1):179-188.
- [21] 沈荣开,王康,张瑜芳,等.水肥耦合条件下作物产量、水分利用和根系吸氮的试验研究[J].农业工程学报,2001,17(5):35-38.
- [22] 刘小刚,张岩,程金焕,等.水氮耦合下小粒咖啡幼树生理特性与水氮利用效率[J].农业机械学报,2014,45(8):160-166.
- [23] 段文学,于振文,张永丽,等.施氮量对旱地小麦氮素吸收转运和土壤硝态氮含量的影响[J].中国农业科学,2012,45(15):3040-3048.
- [24] 杜娅丹,张倩,崔冰晶,等.加气灌溉水氮互作对温室芹菜地 N₂O 排放的影响[J].农业工程学报,2017,33(16):127-134.
- [25] 吴立峰,张富仓,范军亮,等.水肥耦合对棉花产量、收益及水分利用效率的效应[J].农业机械学报,2015,46(12):164-172.

(上接第 252 页)

- [2] 李洪文,高焕文,王小燕,等.农田风蚀对我国北方沙尘暴的影响[C]//中一加保护性耕作论坛论文集,2006,29-38.
- [3] 赵宏亮,侯立白,张雯,等.彰武县保护性耕作防治土壤风蚀效果监测[J].西北农业学报,2006,15(2):159-163.
- [4] 孙悦超,麻硕士,陈智.保护性耕作农田和柠条带状配置草地防风蚀效果的风洞测试[J].农业工程学报,2017,33(11):140-146.
- [5] 李银科,李菁菁,周兰萍,等.河西绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀特征的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2019,27(9):1421-1429.
- [6] 李彤,王梓廷,刘露,等.保护性耕作对西北旱区土壤微生物空间分布及土壤理化性质的影响[J].中国农科
- 学,2017,50(5):859-870.
- [7] 张贵云,吕贝贝,张丽萍,等.黄土高原旱地麦田 26 年免耕覆盖对土壤肥力及原核微生物群落多样性的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2019,27(3):358-368.
- [8] 韩亚雄,赵满全,陈智,等.带状间作留茬地表农田抗风蚀效应试验研究[J].农机化研究,2010,32(6):162-164.
- [9] 刘汉涛,麻硕士,窦卫国,等.土壤风蚀量随残茬高度的变化规律研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(4):182-185.
- [10] 陈智,麻硕士,赵永来,等.保护性耕作农田地表风沙流特性[J].农业工程学报,2010,26(1):118-122.
- [11] 严长庚,王立,杨彩红,等.甘肃河西地区保护性耕作对土壤风蚀的影响[J].甘肃农业大学学报,2019,54(5):163-168.