

土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响

韩 宾¹, 李增嘉^{1*}, 王 芸¹, 宁堂原¹, 郑延海^{1,2}, 史忠强¹

(1. 山东农业大学农学院山东省作物生物学重点实验室, 泰安 271018; 2 德州市农科院, 德州 253015)

摘 要: 该文研究了土壤耕作、秸秆还田两项技术措施及其交互效应对冬小麦群体发育动态、冬小麦产量形成及其构成要素的影响。常规耕作、免耕、耙耕、深松 4 种土壤耕作技术与无秸秆还田、秸秆全量粉碎还田两种秸秆还田量构成 8 个处理, 并对不同处理中冬小麦生长发育动态及产量形成进行调查、分析。结果表明不同耕作处理对冬小麦出苗率、群体动态、产量构成有显著影响, 免耕小麦出苗率仅 60.2%, 群体过小, 产量显著低于常规耕作; 耙耕、深松在与常规耕作相同播量下能形成适宜的群体, 且穗粒数、千粒重均高于常规耕作, 分别比常规耕作增产 8.15% 和 6.91%; 经作用力分析, 耕作措施是影响冬小麦群体结构与产量构成的最重要因素, 作用力大于秸秆及秸秆×耕作交互效应。

关键词: 土壤耕作; 秸秆还田; 冬小麦; 生长状况; 产量构成; 作用力

中图分类号: S341.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)2-0048-06

韩 宾, 李增嘉, 王 芸, 等. 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 48-53.
Han Bin, Li Zengjia, Wang Yun, et al. Effects of soil tillage and returning straw to soil on wheat growth status and yield [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(2): 48-53. (in Chinese with English abstract)

0 引言

保护性耕作技术以其改善土壤结构, 控制水土流失, 减少风蚀、水蚀, 缓解沙尘危害等诸多优点已经成为国际农业技术发展的重要趋势^[1]。发达国家将保护性耕作技术和轮耕休闲的农作制度相结合, 以环境保护和生态修复为重要内容, 不需要过多考虑单产等因素。而中国面临巨大的人口、资源压力, 这种严峻形势决定产量仍然是我国目前保护性耕作研究的重点内容之一。因此, 研究保护性耕作条件下冬小麦产量形成的特有规律, 进一步明确各种保护性技术措施及其交互效应对冬小麦生长发育和产量形成的影响具有重要的理论和现实意义。目前, 针对保护性耕作措施的研究已经涉及作物产量, 土壤理化性状, 秸秆、残茬管理, 微生物群落等多个方面^[2-6]。关于冬小麦产量的研究不尽相同: 有研究认为保护性耕作措施对冬小麦有增产效应^[7,8], 但各项研究增产幅度不同; 也有研究发现保护性耕作措施对产量影响不明显^[9-11], 甚至有减产现象出现^[12]。前人研究均将各种保护性耕作技术措施作为一个整体研究对象, 无法将不同保护性耕作措施的独立效应及交互效应

区分开, 这就限制了进一步探寻保护性耕作措施作用机理和可行性。此外, 目前针对保护性耕作对产量影响的试验研究多数从农田土壤水分、营养条件着手^[13-18], 鲜见作物群体与作物产量关系研究的报道。本文针对以上不足, 着重研究保护性耕作技术对冬小麦群体结构与产量的影响, 并进一步分析了土壤耕作措施、秸秆还田措施及其交互效应对冬小麦群体动态及产量构成的作用力大小。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

大田试验于 2004-2006 年在山东农业大学实验农场进行。供试土壤为中壤土, 土层深厚, 其耕层土壤的基本化学成分如表 1。

表 1 土壤基础肥力状况

有机质 /%	全氮 /g·kg ⁻¹	速效氮 /mg·kg ⁻¹	全磷 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹
1.102	0.814	108.76	1.76	38.44

室内试验在山东省作物生物学重点实验室进行。

1.2 试验材料

供试小麦品种为济麦 20 号, 行距 20 cm, 2004 年播量 90 kg/hm², 2005 年加大播量为 105 kg/hm²; 麦后直播玉米, 品种为郑单 958, 密度为 6.66×10⁴ 株/hm²。

1.3 试验方法

1) 试验设计。采用两因素随机区组设计, 三次重

收稿日期: 2006-08-04 修订日期: 2006-09-24

基金项目: 国家粮食丰产工程(2004BA520A14C10)资助

作者简介: 韩 宾(1979-), 男, 山东菏泽人, 博士研究生, 主要从事保护性耕作农田生态效应研究。泰安 山东农业大学农学院, 271018。Email: hanbin@sdau.edu.cn

*通讯作者: 李增嘉(1954-), 男, 山东烟台人, 教授, 博士生导师, 从事农业生态与农业可持续发展研究。泰安 山东农业大学农学院, 271018。Email: lizj@sdau.edu.cn

复,共 24 个小区,小区面积为 15 m×8 m。秸秆还田因素分为 A(无秸秆还田)和 P(玉米、小麦秸秆全量粉碎还田)两个水平;耕作因素分为 Z(免耕)、H(耙耕)、S(深松)三种保护性耕作和 C(常规耕作)4 个水平,共 8 个处理见表 2。

表 2 试验设计表

Table 2 Experimental design table

因素	Z(免耕)	H(耙耕)	S(深松)	C(常规耕作)
A(不还田)	AZ	AH	AS	AC(CK)
P(还田)	PZ	PH	PS	PC

秸秆还田于冬小麦、夏玉米收获后进行,小麦秸秆粉碎后全部覆盖于地表。玉米秸秆粉碎还田后进行土壤耕作,免耕处理的玉米秸秆覆盖于地表,耙耕、深松处理秸秆均与土壤混匀,常规耕作处理秸秆翻埋入土中。

各种耕作方式田间作业程序如下:

免耕(Z): 玉米收获→秸秆出地或粉碎覆盖→播种小麦→小麦收获、秸秆粉碎覆盖→播种玉米。

耙耕(H): 玉米收获→秸秆出地或粉碎还田→缺口耙地→播种小麦→小麦收获、秸秆粉碎覆盖→播种玉米。

深松(S): 玉米收获→秸秆出地或粉碎还田→深松铲地→播种小麦→小麦收获、秸秆粉碎覆盖→播种玉米。

常规耕作(C): 玉米收获→秸秆出地或粉碎还田→缺口耙地→铧式犁耕翻→旋耕机旋耕→播种小麦→小麦收获、秸秆粉碎覆盖→播种玉米。

各耕作方式作业深度如下: 耙耕 15~20 cm, 深松 40~45 cm, 常规耕作 25~30 cm。

2) 肥水管理。小麦季基施纯氮 160 kg/hm², P₂O₅ 150 kg/hm², K₂O 105 kg/hm²; 各处理统一浇拔节水 80 mm, 配合浇水追施纯氮 80 kg/hm²。玉米季共施纯氮 240 kg/hm², P₂O₅ 120 kg/hm²。

3) 测定项目与方法。冬小麦播种前测定种子发芽率、千粒重,播种机下种量,用以计算田间出苗率;生育期内定点调查冬小麦基本苗、冬前最大分蘖、春季最大分蘖;收获时定点测产和室内考种,测定冬小麦穗数、穗粒数、千粒重、产量。

4) 统计分析。用 DPS6.05 数据处理系统对试验数据进行统计分析。DPS 系统对两因素随机区组进行方差分析时,将试验变异来源分为区组间、A 因素(秸秆还田)、B 因素(耕作)、两因素交互效应、误差及总变异几部分,各部分所引起的变异大小由其所产生平方和表征,因此耕作因素、秸秆还田因素及交互作用力(各部分所引起变异在总变异中所占比例)可用下式计

算^[19,20]:

$$\text{耕作作用力}(\%) = \frac{\text{耕作变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\%$$

$$\text{秸秆作用力}(\%) = \frac{\text{秸秆变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\%$$

$$\text{交互作用力}(\%) = \frac{\text{交互变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\%$$

2 结果与分析

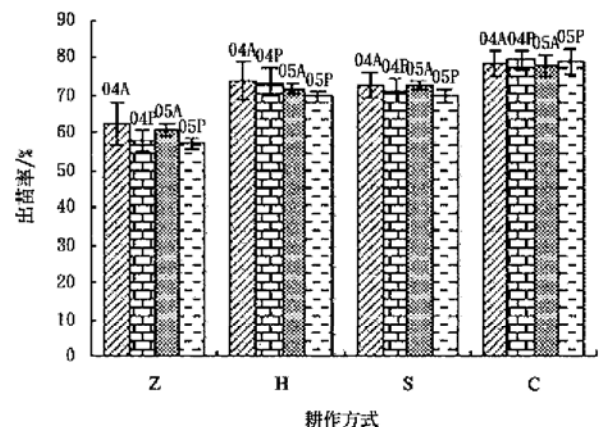
2.1 不同耕作处理对冬小麦出苗率及群体结构的影响

1) 不同耕作体系对小麦田间出苗率的影响

调整耕作层和地面状况,从而创造适宜的播床以保证作物种子的萌发和出苗是土壤耕作的主要作用之一,不同耕作处理对冬小麦田间出苗率有较大的影响。

由图 1 可知,常规耕作田间出苗率最高,耙耕、深松次之,免耕最低。三种保护性耕作技术与对照相比田间出苗率下降 4%~20%。秸秆还田因素对田间出苗率也有较大影响:免耕、耙耕、深松三种耕作处理下,秸秆还田处理田间出苗率均低于不还田处理,其中降幅最大为 4%。但常规耕作处理中,秸秆还田处理田间出苗率两年均略高于无秸秆还田处理(1%)。PZ 处理田间出苗率最低,2004 年、2005 年分别为 57.8% 和 57.1%,分别比对照低 20.6% 和 20.8%。年际间比较可知,2005 年冬小麦田间出苗率比 2004 年略有下降,但各处理下降幅度不同,其中以 PZ 处理下降最大,达 3.9%。

总体而言,耙耕、深松、常规耕作处理田间出苗率均在 70% 以上,基本可以满足农业生产需要,但免耕处理田间出苗率过低,难以达到农艺出苗要求。



注: 图中数字表示年份,04 为 2004 年,05 为 2005 年

图 1 不同保护性耕作技术对冬小麦田间出苗率的影响

Fig. 1 Effects of different tillage systems on the field seedling emergence rate of winter-wheat in 2004 and 2005

2) 不同耕作处理对冬小麦群体动态的影响

冬小麦基本苗受田间出苗率的影响,呈现与田间出

苗率近似的规律(表 3)。2004 年,免耕两处理均极显著低于对照;深松秸秆还田处理显著低于对照;而耙耕、深松处理下其余处理均与对照无显著差异,但经过连续两

年保护性耕作,2005 年免耕、耙耕、深松处理下所有处理基本苗均显著或极显著低于对照。

表 3 不同耕作技术对冬小麦生长状况的影响

Table 3 Effects of different tillage systems on the status of winter-wheat growth

试验年份	处理	基本苗 / $10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$	比对照增减 /%	冬前最大分蘖 / $10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$	比对照增减 /%	春季最大分蘖 / $10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$	比对照增减 /%	穗数 / $10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$	比对照增减 /%
2004- 2005	AZ	140.67dBC	-20.22	690.00eD	-18.25	910.56fE	-25.97	591.68cC	-10.45
	AH	166.33abcA	-5.67	851.33bB	0.87	1268.89abAB	3.16	625.43bBC	-5.34
	AS	163.00bcA	-7.56	784.67cC	-7.03	1159.44cdBC	-5.74	622.42bBC	-5.79
	AC(CK)	176.33abA	0.00	844.00bB	0.00	1230.00bcABC	0.00	660.70aAB	0.00
	PZ	130.00dC	-26.27	738.00dCD	-12.56	1016.11eDE	-17.39	626.70bABC	-5.15
	PH	165.67abcA	-6.05	946.67aA	12.16	1301.67abA	5.83	662.03aAB	0.20
	PS	160.33cAB	-9.07	742.00dCD	-12.09	1128.89dCD	-8.22	641.03abAB	-2.98
2005- 2006	PC	179.00aA	1.51	953.33aA	12.95	1330.56aA	8.18	665.84aA	0.78
	AZ	159.67cD	-21.99	759.67cC	-23.32	1034.33dC	-31.97	651.67cC	-13.80
	AH	188.67bC	-7.82	963.67bA	-2.73	1432.33bcAB	-5.79	665.67cC	-11.95
	AS	190.67bBC	-6.84	913.67cB	-7.77	1343.33cB	-11.64	660.00cC	-12.70
	AC(CK)	204.67aAB	0.00	990.67abA	0.00	1520.33abA	0.00	756.00aA	0.00
	PZ	150.00dD	-26.71	795.33dC	-19.72	1098.00dC	-27.78	642.33cC	-15.04
	PH	183.00bC	-10.59	1000.67aA	1.01	1459.67abAB	-3.99	716.33bAB	-5.25
2006	PS	184.00bC	-10.10	886.67cB	-10.50	1333.33cB	-12.30	674.33cBC	-10.80
	PC	207.67aA	1.47	997.67aA	0.71	1555.67aA	2.32	742.00abA	-1.85

注:表中大(小)写字母表示 1%(5%)水平上差异显著水平,方差分析均在同年内数据间进行,下同。

受试验处理的影响,冬小麦冬前最大分蘖与基本苗略有不同。2004 年,PH、PC 分别高于对照 12.16%、12.95%,差异达极显著水平;AZ、AS、PZ、PS 显著低于对照。2005 年各处理的变化规律与 2004 年基本相同,但 PH、PC 处理与对照已无显著差异。

2004-2005 年冬小麦春季最大分蘖中,AZ、PZ 显著低于对照,且与对照的差幅比冬前最大分蘖进一步扩大;PS 显著低于对照,但与对照的差幅已小于冬前最大分蘖。2005-2006 年秸秆还田处理与不还田处理间冬小麦春季最大分蘖的平均差值由 2004-2005 年的 4.92%降低为 2.41%。

春季冬小麦达到最大分蘖后,试验因素通过影响无效蘖的消亡对单位面积成穗数产生影响。通过对 2004-2005 年冬小麦每公顷穗数分析发现,除 PZ 处理受到前期群体状况影响,显著低于对照外,其余各秸秆还田处理与对照无显著差异,而不还田处理则全部显著低于对照,其中 AZ 达极显著水平。而由于连续两年保护性耕作及播量增加,2005-2006 年各保护性耕作处理(除 PC 外)每公顷穗数与对照差异均达显著水平。

2.2 不同耕作处理对小麦产量构成的影响

由表 4 可以看出,保护性耕作措施对冬小麦穗粒数有显著影响。2004-2005 年各处理穗粒数均极显著高于对照,其中 PH 穗粒数最高。AH、AS、PH 三个处理穗粒数均显著高于其余处理,表现较好。2005-2006 年冬

小麦穗粒数平均值比 2004-2005 年低 1.57%。

分析千粒重发现,2004-2005 年冬小麦除耙耕两处理千粒重显著高于对照外,其余各处理与对照无显著差异;但 2005-2006 年免耕两处理千粒重显著低于对照,这反映了经连续两年免耕,土地生产能力有所下降。

从籽粒产量来看,2004-2005 年免耕无秸秆还田处理极显著低于对照,为各处理最低值;PH、PS、AH 三个处理显著高于对照。2005-2006 年为保护性耕作体系连续实施的第二年且增加了播量,产量与 2004-2005 年相比有所改变,PS、PH、AS 产量显著高于对照,但 AH 与对照差异未达显著水平。

2.3 单项技术措施对小麦群体与产量构成的作用力及交互效应分析

综合已有试验数据,利用 DPS 数据处理系统,分析试验中秸秆还田、耕作及秸秆还田×耕作交互效应对试验结果的作用力(表 5)。分析过程中按照导致试验结果产生差异的来源,将作用力分为区组、秸秆还田、耕作、秸秆还田×耕作、误差共 5 种。由分析可知,在各因素独立效应中,耕作措施对各项测定指标的影响均达到极显著水平,且多随着耕作年限增加,耕作作用力增大;秸秆还田因素对 2004-2005 年冬小麦冬前、春季最大分蘖、穗数、穗粒数和产量均有显著影响,但 2005-2006 年仅对冬小麦冬前最大分蘖和产量有显著影响,且秸秆还田作用力分别下降了 7.39%、7.96%。受秸秆×耕作交互

效应显著影响的有冬前最大分蘖、穗粒数两项指标, 但 8.02% 和 26.4%。
2005-2006 年作用力比 2004-2005 年分别下降了

表 4 不同耕作技术对小麦产量及产量构成因素的影响

Table 4 Effects of different tillage systems on yield and its components of winter-wheat

试验年份	处理	穗数	比对照增减	穗粒数	比对照增减	千粒重	比对照增减	籽粒产量	比对照增减
		/10 ⁴ ·hm ⁻²	/%		/%	/g	/%	/kg·hm ⁻²	/%
2004-2005	AZ	591.68cC	-10.45	34.92cC	4.77	34.55cB	-3.09	6069.30eE	-9.78
	AH	625.43bBC	-5.34	36.15aA	8.46	37.09aA	4.04	7078.01bB	5.21
	AS	622.42bBC	-5.79	35.97aAB	7.92	35.15bcB	-1.40	6898.40bcBC	2.54
	AC(CK)	660.70aAB	0.00	33.33dD	0.00	35.65bcAB	0.00	6727.27cdCD	0.00
	PZ	626.70bABC	-5.15	35.24bcBC	5.73	34.87bcB	-2.19	6588.33dD	-2.07
	PH	662.03aAB	0.20	36.18aA	8.55	37.03aA	3.87	7422.78aA	10.34
	PS	641.03abAB	-2.98	35.18bcBC	5.55	35.38bcAB	-0.76	7087.41bB	5.35
	PC	665.84aA	0.78	35.78abAB	7.35	36.04abAB	1.09	6917.57bcBC	2.83
2005-2006	AZ	651.67cC	-13.80	34.12bBC	4.18	33.20cB	-3.21	6335.93dC	-7.44
	AH	665.67cC	-11.95	35.67aAB	8.92	35.83aA	4.46	7264.40abAB	6.13
	AS	660.00cC	-12.70	35.70aAB	9.01	34.94abA	1.87	7447.23aA	8.80
	AC(CK)	756.00aA	0.00	32.75cC	0.00	34.30bAB	0.00	6845.07bcdABC	0.00
	PZ	642.33cC	-15.04	34.55bAB	5.50	33.14cB	-3.38	6677.33cdBC	-2.45
	PH	716.33bAB	-5.25	35.82aA	9.37	35.79aA	4.34	7589.27aA	10.87
	PS	674.33cBC	-10.80	35.14abAB	7.30	35.04abA	2.16	7595.30aA	10.96
	PC	742.00abA	-1.85	34.54bAB	5.47	34.83abA	1.55	7139.57abcAB	4.30

表 5 单项技术措施对冬小麦生长状况及产量构成的作用力及交互效应分析

Table 5 Affecting forces and interactions of single technological measurements in different tillage systems on yield and its components and growth of winter-wheat

试验年份	差异源	作用力/%						
		基本苗	冬前最大分蘖	春季最大分蘖	穗数	穗粒数	千粒重	小麦产量
2004-2005	区组	3.68	1.18	0.53	1.21	1.21	7.31	0.75
	秸秆还田	0.67	7.94**	3.38*	20.12**	7.52**	1.08	15.90**
	耕作	80.28**	77.37**	85.72**	54.40**	41.56**	67.50**	74.61**
	秸秆还田×耕作	13.35	10.18**	3.86	5.88	42.07**	0.67	3.04
	误差	2.02	3.34	6.50	18.37	7.64	23.44	5.70
2005-2006	区组	0.12	0.47	0.30	1.11	0.80	4.12	4.75
	秸秆还田	1.52	0.55*	0.62	24.51	4.39	0.36	7.94*
	耕作	91.48**	94.89**	92.21**	59.53**	61.32**	77.70**	66.86**
	秸秆还田×耕作	5.39	2.16*	0.51	6.68	15.67*	1.21	0.60
	误差	1.50	1.92	6.36	8.17	17.81	16.61	19.85

注: * 表示显著水平, ** 表示极显著水平。

3 结论与讨论

1) 种床质量是免耕需要解决的关键技术问题之一。有研究表明玉米秸秆覆盖免耕会降低冬小麦出苗率^[21], 最大降幅可达 16.2%。本试验研究表明免耕秸秆覆盖处理两年出苗率均在 60% 左右, 因此 2004-2005 年冬小麦采用与常规耕作相同的播种量导致免耕处理出苗不足, 群体密度过小, 是其产量显著低于对照的主要原因; 2005-2006 年冬小麦加大了播量, 最终免耕无秸秆还田和免耕秸秆还田两处理每公顷成穗数分别达到 651.67×10⁴ 和 642.33×10⁴, 但试验过程中发现其

早衰现象严重, 千粒重下降较多, 产量仍显著低于对照, 这可能与连年少免耕增加土壤容重^[7], 限制根系伸展有关。

2) 耙耕、深松在冬小麦播量 90、105 kg/hm² 情况下均能保证田间出苗, 形成适宜群体, 且穗粒数、千粒重显著高于常规耕作。其中 AH、PH 分别比对照两年平均增产 5.7%、10.6%。AS、PS 在 105 kg/hm² 播量下小麦每 hm² 比对照增产 602.1 kg、750.2 kg, 这与前人研究一致^[16]。由此可见, 耙耕、深松从产量上均优于对照, 此外, 与对照相比有更好的经济、生态等效益, 在一定时间内可以替代常规耕作。

3) 试验中发现连年免耕下冬小麦出现早衰; 耙耕处理尽管两年增产效果均较明显, 但小麦千粒重、穗粒数均呈下降趋势; 并且各项指标中耕作措施作用力随耕作年限增长而增加。据本课题组已有研究结果^[22], 这是因为连年耙耕, 形成了紧实度较大的“耙底层”, 阻碍作物根系正常下扎, 从而导致了冬小麦产量降低。由于影响小麦产量的容重阈值为 1.60 g/cm^3 左右, 在壤质土上耙耕 3~4 年时, 15~20 cm 的土壤容重已接近其阈值, 小麦产量已显著低于传统耕作, 所以以耙代耕的适宜年限为 2 年, 即形成耕 1 年耙 2 年的耙茬少耕周期; 而在砂壤土上, 以耙代耕 2 年, 15~20 cm 的土壤容重即接近 1.50 g/cm^3 , 因此以耙代耕的年限可为 3 年, 即形成耕 1 年耙 3 年的耙茬少耕周期。另有研究^[23]认为在适当年限进行深松处理, 也可起到相同的效果。

4) 作用力分析结果证明, 耕作措施是贯穿小麦群体结构与产量构成的最重要变异源, 其作用力大于秸秆及秸秆还田×耕作交互效应; 秸秆还田因素的独立效应均小于耕作措施, 且随连续耕作年限增加有所下降; 受秸秆还田×耕作交互效应显著影响的指标有冬前最大分蘖与穗粒数, 交互作用力可达到 6.17% 和 28.87%。

[参 考 文 献]

- [1] 张海林, 高旺盛, 陈 阜, 等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 16–20.
- [2] Frey S D, Elliott E T, Paustian K, et al. Fungal translocation as a mechanism for soil nitrogen inputs to surface residue decomposition in a no-tillage agro-ecosystems[J]. *Soil Biol Biochem*, 2000, 32: 689–698.
- [3] Kumar K, Goh K M. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery[J]. *Adv Agron*, 2000, 68: 197–319.
- [4] McGarry D, Bridge B J, Radford B J. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid tropics[J]. *Soil & Tillage Research*, 2000, 53: 105–115.
- [5] Shipitalo M J, Dick W A, Edwards W M. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals[J]. *Soil & Tillage Research*, 2000, 53: 167–183.
- [6] Claudia P J, Sisti Rainoldo Kohhann, Bruno J R. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil[J]. *Soil & Tillage Research*, 2004, 76: 39–58.
- [7] 周兴祥, 高焕文, 刘晓峰. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 841–843.
- [8] Ghuman B S, Sur H S. Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate[J]. *Soil & Tillage Research*, 2001, 58: 1–10.
- [9] 王小彬, 蔡典雄, 金 轲, 等. 早坡地麦田夏闲期耕作措施对土壤水分有效性的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(9): 1044–1049.
- [10] 刘立晶, 高焕文, 李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 70–73.
- [11] Hao X, Chang C, Conner R L, et al. Effect of minimum tillage and crop sequence on crop yield and quality under irrigation in a southern Alberta clay loam soil[J]. *Soil & Tillage Research*, 2001, 59: 45–55.
- [12] 江晓东, 李增嘉, 侯连涛, 等. 少免耕对灌溉农田冬小麦夏玉米作物水、肥利用的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 20–24.
- [13] 张志国, 徐 琪. 长期免耕覆盖对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 384–391.
- [14] 朱自玺, 赵国强, 邓天宏, 等. 秸秆覆盖麦田水分动态及水分利用效率研究[J]. 中国生态农业学报, 2000, 8(1): 34–37.
- [15] 贾彦宙, 王俊英, 庞黄亚, 等. 土壤保护性耕作技术应用研究[J]. 内蒙古农业科技, 2002, 6: 12–14.
- [16] 王建政, 古润生. 旱地小麦保护性耕作增加播前地表处理的研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 139–142.
- [17] 马永良, 师宏奎, 张书奎, 等. 玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8: 42–46.
- [18] 赵四申, 段汝浩, 宁吉洲, 等. 玉米秸秆整株深埋还田技术研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 58–61.
- [19] 赵 春, 宁堂原, 焦念元, 等. 基因型与环境对小麦籽粒蛋白质和淀粉品质的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1257–1260.
- [20] 冷寿慈. 生物统计与田间试验设计[M]. 北京: 中国广播电视出版社, 1992: 133–136.
- [21] 李少昆, 王克如, 冯聚凯, 等. 不同玉米秸秆还田与耕作方式下影响小麦出苗因素的分析[A]. 路明, 赵明主编, 土地沙漠化治理与保护性耕作[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 131–136.
- [22] 薛 坚, 李增嘉, 刘 焜. 耙耕还田机械适应性的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 1994, 25(1): 65–70.
- [23] 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): 49–52.

Effects of soil tillage and returning straw to soil on wheat growth status and yield

Han Bin¹, Li Zengjia^{1*}, Wang Yun¹, Ning Tangyuan¹, Zheng Yanhai^{1,2}, Shi Zhongqiang¹

(1. College of Agronomy, Shandong Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agriculture University, Tai'an 271018, China;

2. Dezhou Academy of Agricultural Sciences, Dezhou 253015, China)

Abstract: The studies were conducted on the effect of two single practices, including soil tillage and returning straw to soil, and the interaction on winter-wheat growth status and yield components. In the experiment, the growth status and yield components of different treatments were investigated. Eight treatments were from the combination of four tillage practices, conventional tillage(C), zero-tillage(Z), harrow-tillage(H) and subsoil-tillage(S) included, and absent straw(A) or present straw(P). The preliminary results showed that field seedling emergence rate, growth status and yield components were significantly affected by different tillage systems. The field seedling emergence rate in Z treatment was only 60.2%. Its yield was significantly lower than C because of the deficient population. The yields of H and S were both higher than C because of that the kernel per spike and weight of 1000 kernels were both higher than C and the growth status of them was proper. The increasing rates were 8.15% and 6.91%. Through the analysis of affecting force. It can be concluded that independent effect of soil tillage is the most important factor to growth status and yield components. Its affecting force is superior to that of straw management and their interaction.

Key words: soil tillage; returning straw to soil; winter-wheat; growth status; yield components; affecting force