

玉米秸秆还田对冬小麦产量和不同生育期土壤硝态氮累积量的影响

李 晓, 李亚鑫, 张娟霞, 黄冬琳, 郑险峰, 王朝辉

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以田间试验方法研究了玉米秸秆还田配施氮肥对后茬冬小麦产量和小麦生育期土壤硝态氮累积量的影响。试验采用裂区设计, 主处理包括玉米秸秆还田(S1)和不还田(S0)2个处理, 副处理为5个不同施氮水平, 分别为0、84、168、252 kg·hm⁻²和336 kg·hm⁻²。结果表明, 施氮量较低时(分别低于99 kg·hm⁻²和79 kg·hm⁻²时), 秸秆还田处理小麦产量低于秸秆不还田处理, 施氮量较高时则相反; 两条氮肥肥效曲线呈相交规律。施氮252 kg·hm⁻²时, 秸秆还田处理分别增产9.5%和2.1%, 施氮336 kg·hm⁻²时, 秸秆还田处理分别增产7.0%和5.6%。冬小麦冬前分蘖期土壤硝态氮主要累积在0~40 cm土层; 施氮量高于84 kg·hm⁻²时, 秸秆还田处理硝态氮累积量有高于相同施氮量下不还田处理的趋势, 其中0~20 cm土层N336+秸秆还田处理硝态氮累积量比不还田处理提高25%(武功试验地)。冬小麦返青期土壤硝态氮较冬前分蘖期大幅降低, 此期秸秆还田处理0~20 cm土层硝态氮累积量有低于秸秆不还田处理的趋势。周至县连续三年田间试验结果表明, 秸秆还田处理冬小麦收获期土壤硝态氮累积量有高于秸秆不还田处理的趋势, 不施氮肥处理0~1 m土层秸秆还田比不还田处理累积量显著提高43.4%。秸秆还田对冬小麦产量和土壤硝态氮累积量的影响与施氮量有关, 施氮量较低时秸秆还田条件下冬小麦返青期土壤硝态氮含量较低, 引起作物速效氮供应的短期(返青期追施氮肥前)缺乏, 影响小麦生长, 进而导致小麦减产。连续秸秆还田处理有利于小麦收获期2 m土壤硝态氮累积, 减少向下淋溶。

关键词: 冬小麦; 玉米秸秆还田; 氮肥; 硝态氮; 产量

中图分类号: S512.1+1 文献标志码: A

Effects of maize straw return on yield and soil nitrate accumulation in different growth stages of winter wheat

LI Xiao, LI Ya-xin, ZHANG Juan-xia, HUANG Dong-lin, ZHENG Xian-feng, WANG Zhao-hui

(College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Field experiments were carried out to investigate the combined effect of nitrogen (N) fertilization and maize straw return on winter wheat yield and soil nitrate accumulation at different growth stages of wheat. Split plot design was used in the experiment. The main treatments were straw return (N + S) and straw removal (S), and the subplot treatments were five levels of N fertilizer application (N 0, 84, 168, 252 kg·hm⁻² and 336 kg·hm⁻²). The results showed that, wheat yield was decreased for maize straw return treatments when N rate was low, while they were increased under high N rate, and increased 9.5%, 2.1% and 7.0%, 5.6% under 252 kg·hm⁻² and 336 kg·hm⁻², respectively, compared with the maize straw removal treatments. The soil nitrate was mainly accumulated in 0~40 cm soil layer at tillering stage of wheat, and the accumulation was increased for the straw return treatments when N rate was higher than 84 kg·hm⁻². But at wheat re-greening stage, the soil nitrate accumulation in the 0~20 cm soil layer was decreased compared with that at the tillering stage for both maize straw return and removal treatments. Meanwhile, straw return treatments decreased it compared with straw removal treatments. The results of three-year-field experiment at Zhouzhi county indicated that the soil nitrate accumulation in 0~2 m soil layers at wheat harvest was higher for the straw return

收稿日期: 2016-01-24

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-3-1-31); 国家支撑计划项目“西北半干旱区农田土壤养分调控及高效施肥技术研究与示范”(2015BAD23B04); 公益性行业(农业)科研专项“渭北旱塬冬小麦节水节肥节药技术集成及应用”(201503124-4)

作者简介: 李 晓(1990—), 女, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要研究方向为植物营养与调控。E-mail: lixiaokn@163.com。

通信作者: 郑险峰(1968—), 男, 陕西礼泉人, 副教授, 博士, 主要从事旱地土壤培肥与作物施肥研究。E-mail: zhengxf@nwsuaf.edu.cn。

treatments and it significantly increased by 43.4% for the non-nitrogen fertilization treatment compared to no straw return. The effects of straw return on wheat yield and soil nitrate accumulation were associated with N fertilization rate. Straw return caused available N deficiency for wheat before the N top-dressing at re-greening stage when N rate was low, resulting in lower wheat grain yield. Maize straw return lasting three years increased the soil nitrate accumulation in 0~2 m soil layers at wheat harvesting stage, decreasing nitrate leaching.

Keywords: winter wheat; maize straw return; nitrogen fertilizer; nitrate; grain yield

数量庞大的秸秆是农业可持续发展不可忽视的宝贵资源。秸秆还田可以提高土壤有机质含量^[1-2],增强土壤生物活性^[3-6],改善土壤理化性状^[7-10]。因此,合理有效地利用秸秆资源可以提高土壤肥力,减少化肥投入。由于秸秆腐解需要从土壤中吸收一定的速效氮素,当土壤中氮素供应不足时,则有可能导致微生物与作物竞争速效氮素,影响作物生长。因此,通常认为,秸秆还田应配施一定量的氮肥。根据我们的研究,由于关中平原农田土壤肥力较高,当麦田氮肥投入量不低于推荐施氮量时,秸秆还田处理比秸秆不还田处理并不需要额外多施氮肥^[11]。

关于秸秆还田对作物产量的影响,有报道指出,秸秆还田配合氮肥施用可以增加作物产量^[12-14];也有研究报道显示,秸秆还田后前两年小麦产量连续下降,降幅达4.1%~46.1%,从第四年开始产量增加,增幅达5.7%~12.8%^[15]。而我们连续三年的研究发现,秸秆还田增产或减产与施氮量有关,秸秆还田处理施氮量较低时小麦减产,施氮量较高时小麦增产^[11,16]。由于该试验氮肥用量的60%在冬小麦播种前施入,其余40%的氮肥在拔节期追肥施入,因此随着返青期小麦生长和秸秆腐解的加速,土壤速效氮大幅降低,可能造成此时期秸秆还田低氮处理小麦(在拔节期追肥以前)缺氮,最终减产。基于此,我们对不同处理小麦生育期土壤表层硝态氮的变化规律进行了探索研究。

关于秸秆还田后小麦不同生育期土壤硝态氮含量影响研究较少,目前研究大部分集中在小麦收获期土壤硝态氮累积量。有研究结果显示,施氮量较低时秸秆覆盖处理0~2 m硝态氮累积量高于不还田处理,施氮量高时结果则相反^[17-18]。本文通过分析秸秆还田后冬小麦不同生育期土壤硝态氮含量的变化,旨在研究秸秆还田配施氮肥对小麦产量的影响趋势及其原因,明确秸秆还田对冬小麦不同生育期吸收利用土壤氮素的影响以及环境效应,以期为关中小麦-玉米轮作区秸秆还田条件下冬小麦农田氮肥的优化管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

相同处理的田间试验分别布置在陕西周至县和武功县,周至县于2011年开始进行玉米秸秆还田定位试验,武功县试验2014年开始。试验地均以冬小麦-夏玉米轮作,一年两熟。试验前0~20 cm土层土壤的基本理化性状如下:周至试验地有机质含量为21.7 g·kg⁻¹,硝态氮30.01 mg·kg⁻¹,速效磷44.1 mg·kg⁻¹,速效钾154.51 mg·kg⁻¹;武功试验地有机质含量为18.06 g·kg⁻¹,全氮1.02 g·kg⁻¹,速效磷13.86 mg·kg⁻¹,速效钾138.91 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

采用裂区设计,主处理包括玉米秸秆还田(S1)和不还田(S0)2个处理,其中秸秆还田是玉米收获后将秸秆机械粉碎,全量还田,在冬小麦播种前机械深翻(40 cm)入土,按小区分别撒施肥料,旋耕机旋耕(20 cm),并用带有土壤压实器的播种机播种冬小麦;秸秆不还田是将玉米秸秆移出田块,其它耕作措施同秸秆还田处理。副处理为5个不同施氮水平,分别为0、84、168、252 kg·hm⁻²和336 kg·hm⁻²。主副处理磷、钾肥用量相同,试验地点一(周至)2011年分别为P₂O₅ 150 kg·hm⁻²和K₂O 135 kg·hm⁻²,2012年和2013年根据小麦播前土壤速效养分测定结果调整为P₂O₅ 100 kg·hm⁻²和K₂O 75 kg·hm⁻²;试验地点二(武功)2013年磷、钾肥料用量为P₂O₅ 100 kg·hm⁻²和K₂O 75 kg·hm⁻²。氮肥为尿素,磷肥为重过磷酸钙,钾肥为氯化钾。氮肥用量的60%与全部磷、钾肥作为底肥在冬小麦播种前一次施入,其余40%的氮肥在冬小麦拔节期追肥施入。周至试验地小区面积为34.45 m²,冬小麦品种分别为周麦23,播量为167.9 kg·hm⁻²,机械播种,行距为20 cm。秸秆还田量为8 064 kg·hm⁻²;武功试验地小区面积为32 m²,冬小麦品种分别为小偃22,播量为240 kg·hm⁻²,机械播种,行距为20 cm。秸秆还田量为8 640 kg·hm⁻²。冬小麦生长期管理措施与当地农户一致,冬小麦生育期不灌水,按时防治病虫害、除草。冬小麦成熟后,每个小区取样方计产并盲抽考种,同

时小麦秸秆均移除田块。冬小麦收获后种植夏玉米,氮肥用量为 $108 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,磷肥用量为 P_2O_5 $138 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。夏玉米生长期管理措施与当地农户管理一致。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 冬小麦产量 在小麦成熟期(2014-06)采集植株样品,各小区随机选取3个 1 m^2 具有代表性的样方,晾干后脱粒、称重;取部分籽粒样品, 65°C 烘干至恒重,测定水分含量,以计算小麦籽粒产量。

1.3.2 土壤硝态氮含量 分别在冬小麦冬前分蘖期(2013-12)、返青期(2014-04-06)和收获期(2014-06)于各小区采集 $0 \sim 2 \text{ m}$ 土层土样,每 20 cm 为一个土层采集,用高分辨自动化学分析仪测定硝态氮含量。

1.4 数据处理及分析

试验数据采用 Excel 2003 进行数据计算和 DPS7.05 统计软件进行方差分析,并用 LSD 法进行差异显著性比较。

2 结果与分析

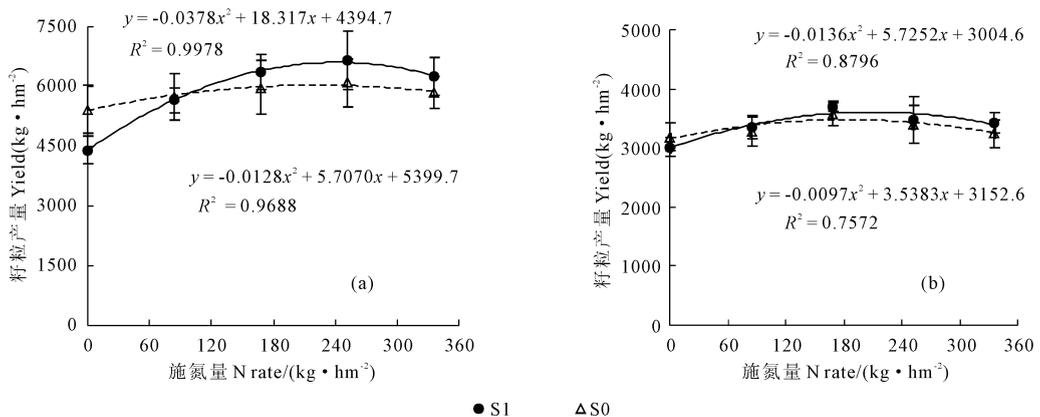
2.1 秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量的影响

秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量的影响趋势是一致的,即施氮量较低时,秸秆还田处理小麦产量低于秸秆不还田处理,施氮量较高时则相反(图1),这与前两年周至县田间试验结果趋势相同^[11,16]。图1a为周至县试验地施氮量与小麦产量曲线,施氮量低于 $99 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,秸秆还田处理小麦产量低于秸秆不还田处理,当施氮量高于 $99 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,秸秆还田处理产量增加,施氮 $252 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $336 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,分别增产 9.5% 和 7.0% 。图1b为武功县试验地施氮量与小麦产量曲线,施氮量低于 $79 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

时,秸秆还田处理小麦产量低于秸秆不还田处理,当施氮量高于 $79 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,秸秆还田处理小麦产量增加,施氮 $252 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $336 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,分别增产 2.1% 和 5.6% 。两试验地分别在施氮量为 $252 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时和 $280 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时产量最高。由此可见,秸秆还田对冬小麦产量的影响与施氮量有关,施氮量较低时减产,施氮量较高时增产。

2.2 不同处理冬小麦冬前分蘖期土壤硝态氮累积量的差异

冬小麦冬前分蘖期土层硝态氮累积量如图2、图3所示,结果表明,硝态氮主要累积在 $0 \sim 40 \text{ cm}$ 土层,并且硝态氮累积量随着土层深度增加而逐渐降低。图2为周至县试验地冬小麦分蘖期各土层硝态氮累积量,由图可知,不施氮肥和施氮量为 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,土壤硝态氮累积量差异较小(见图2a)。施氮量高于 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,秸秆还田处理硝态氮累积量均有高于不还田处理的趋势,在 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层 N336 秸秆还田处理硝态氮累积量比不还田处理提高 25% ,并且达到 5% 显著差异水平(见图2b)。图3为武功县试验地冬小麦分蘖期各土层硝态氮累积量,结果显示, $0 \sim 40 \text{ cm}$ 土层,除 N0 处理外,其它施氮水平均为秸秆还田处理土壤硝态氮累积量高于不还田处理。各试验地 $0 \sim 1 \text{ m}$ 土壤硝态氮累积量如表1所示,由表可知,周至试验地规律同 $0 \sim 40 \text{ cm}$ 土层,即不施氮肥和施氮量为 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,土壤硝态氮累积量差异较小。施氮量高于 $84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,秸秆还田处理硝态氮累积量均有高于不还田处理的趋势,并且 N336 秸秆还田处理硝态氮累积量明显高于不还田处理。而武功试验地可能由于第一年试验,规律不明显。总之,秸秆还田具有保蓄土壤硝态氮的作用,在施氮量大时尤为明显。



注: S1:玉米秸秆还田;S0:玉米秸秆不还田。 Note: S1: with maize straw return; S0: without maize straw return.

图1 秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量的影响

Fig.1 Combined effects of the straw return and nitrogen fertilization on grain yield of winter wheat

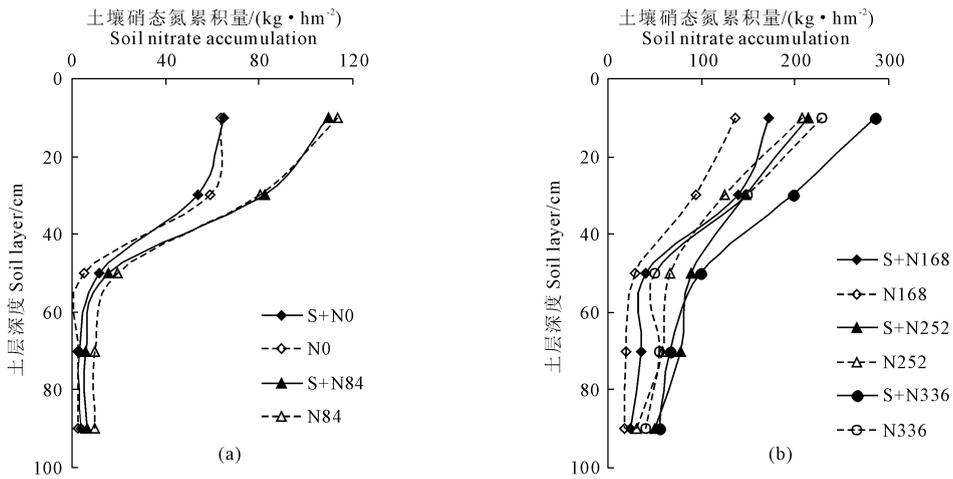


图 2 周至试验地冬小麦分蘖期各处理土壤硝态氮累积量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Fig.2 The soil nitrate accumulation at tillering stage of winter wheat in Zhouzhi

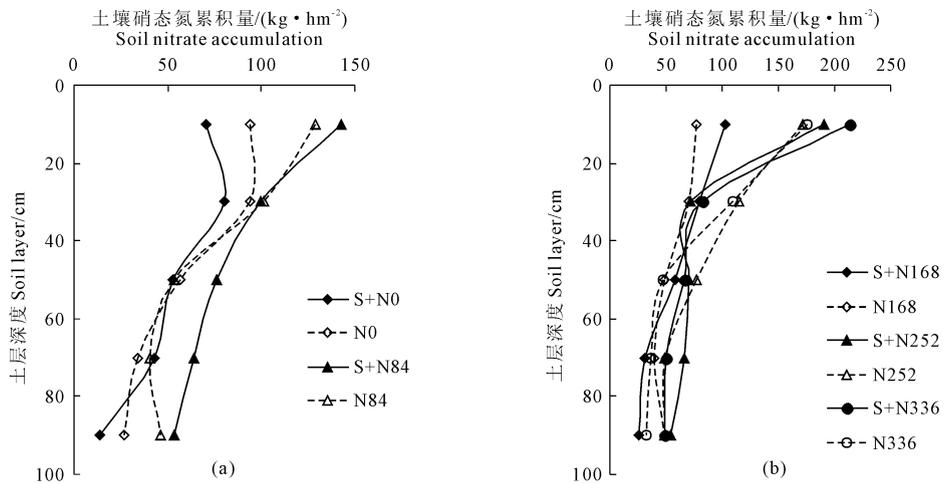


图 3 武功试验地冬小麦分蘖期各处理土壤硝态氮累积量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Fig.3 The soil nitrate accumulation at tillering stage of winter wheat in Wugong

表 1 冬小麦分蘖期 0~1 m 土层硝态氮累积量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Table 1 The soil nitrate accumulation in 0~1 m soil profile at tillering stage of winter wheat

处理 Treatment	周至试验地 Zhouzhi test field		武功试验地 Wugong test field	
	S0	S1	S0	S1
N0	133cA	138dA	306bcA	260bA
N84	233bcA	220dA	371abcA	436aA
N168	298bA	411cA	284cA	297bA
N252	488aA	578bA	461aA	454aA
N336	523aA	703aB	402abA	460aA

注: S0: 玉米秸秆不还田; S1: 玉米秸秆还田。同行数据后不同大写字母表示玉米秸秆还田与不还田的差异达 5% 显著水平。同列数据后不同小写字母表示氮水平间的差异达 5% 显著水平, 下同。

Note: S0: without maize straw return; S1: with maize straw return. Different capital letters in same row indicated differences among means of the maize straw return to soil or not significant at the 5% level; Values followed by different lowercases in a column were significant among means of N rates at the 5% level. The same as below.

2.3 不同处理冬小麦返青期土壤硝态氮累积量的差异

冬小麦返青期各处理土层硝态氮累积量如图 4 和图 5 所示, 两试验地规律相似。随着施氮量增高, 同一土层的硝态氮累积量增加, 并且在 0~20 cm 土层, 秸秆还田处理(除 N336 处理外)硝态氮累积量有低于秸秆不还田处理的趋势。这可能由于返青期小麦生长和秸秆腐解需要吸收大量的氮素, 导致该时期表层(0~20 cm)土壤硝态氮累积量明显低于小麦分蘖期。0~1 m 土层土壤硝态氮累积量如表 2 所示, 由表可知, 周至试验地该时期土壤硝态氮累积量明显低于分蘖期。当施氮量低于 $84 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, 土壤硝态氮累积量极低, 并且秸秆还田处理低于秸秆不还田处理, 可能导致小麦短期缺氮, 影响小麦生长, 进而导致小麦减产。而高氮处理则不会出现此期小麦氮素供应缺乏, 因而小麦正常生长不受影响。

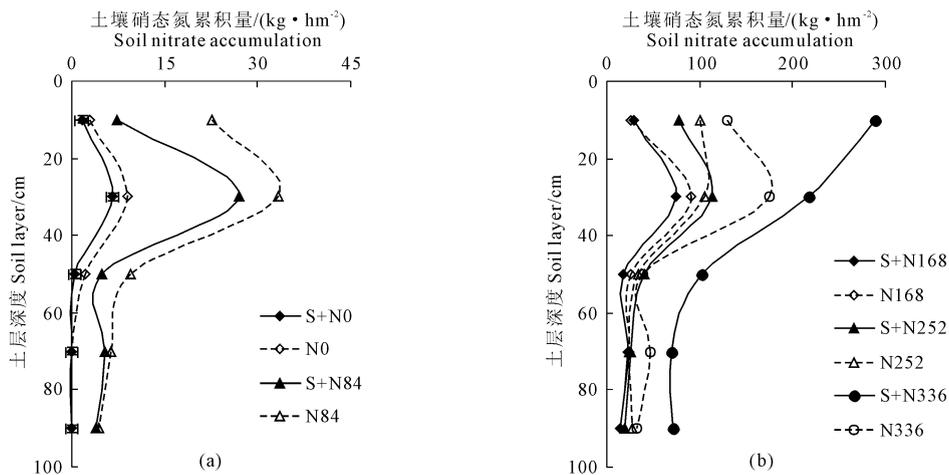
图 4 周至试验地返青期各处理土壤硝态氮累积量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Fig.4 The soil nitrate accumulation in re-greening stage of winter wheat in Zhouzhi

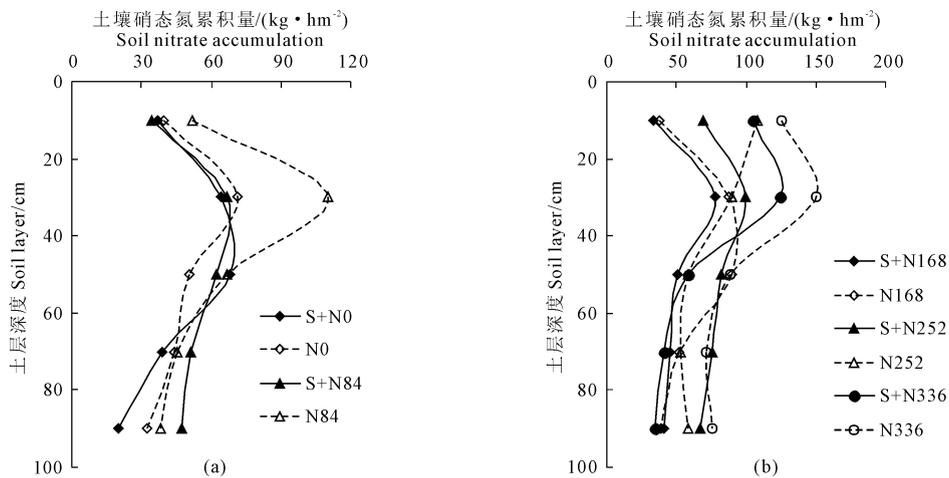


图 5 武功试验地返青期各处理土壤硝态氮累积量

Fig.5 The soil nitrate accumulation in re-greening stage of winter wheat in Wugong

表 2 冬小麦返青期 0~1 m 土层硝态氮累积量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$

Table 2 The soil nitrate accumulation in 0~1 m soil profile at re-greening stage of winter wheat

处理 Treatment	周至试验地 Zhouzhi test field		武功试验地 Wugong test field	
	S0	S1	S0	S1
N0	14dA	9dA	238cA	229cA
N84	76dA	49dA	312bcA	262bcA
N168	182cA	158cA	306bcA	247cA
N252	292bA	276bA	368bA	393aA
N336	424aA	749aB	512aA	362abA

2.4 不同处理冬小麦收获期土壤硝态氮累积量的差异

秸秆还田配施氮肥对冬小麦收获期土壤硝态氮累积量的影响如表 3、表 4 所示,不同试验地点结果不同。表 3 为周至县试验地各土层硝态氮累积量,

结果表明,随着施氮量增加,土壤硝态氮累积量逐渐提高,施氮量高于 $168 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,0~1 m 土层硝态氮累积量明显高于 1~2 m 土层。总体来说,秸秆还田处理硝态氮累积量均有高于秸秆不还田处理的趋势,并且 N0 处理 0~1 m 土层秸秆还田比不还田处理硝态氮累积量提高 43.4%,达到显著性差异水平。表 4 为武功县试验地各土层硝态氮累积量,结果显示,N0 处理外,其它施氮水平 1~2 m 土层硝态氮累积量明显高于 0~1 m 土层,并且 0~1 m 土层秸秆还田与否对其硝态氮累积量无明显差异。而 0~2 m 和 1~2 m 土层除 N0 处理为秸秆还田后土壤硝态氮累积量略高于不还田处理外,其它施氮水平均为秸秆还田处理低于不还田处理的趋势。可能由于气候、土壤类型以及试验年限的差异,进而秸秆还田处理对土层硝态氮累积量影响不同。

表3 周至县冬小麦收获期各土层硝态氮累积量/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Table 3 The soil nitrate accumulation amount after harvest in Zhouzhi

处理 Treatment	0~1 m 土层硝态氮累积量 0~1 m soil nitrate accumulation		1~2 m 土层硝态氮累积量 1~2 m soil nitrate accumulation		0~2 m 土层硝态氮累积量 0~2 m soil nitrate accumulation	
	S0	S1	S0	S1	S0	S1
	N0	76cB	109dA	86cA	101cA	162dA
N84	149bcA	171dA	148bcA	154bcA	298cA	325cA
N168	218bA	252cA	177bcA	141abcA	395cA	393cA
N252	445aA	494bA	143abA	181abA	588bA	692bA
N336	590aA	670aA	224aA	204aA	725aA	874aA

表4 武功县冬小麦收获期各土层硝态氮累积量/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

Table 4 The soil nitrate accumulation amount after harvest in Wugong

处理 Treatment	0~1 m 土层硝态氮累积量 0~1 m soil nitrate accumulation		1~2 m 土层硝态氮累积量 1~2 m soil nitrate accumulation		0~2 m 土层硝态氮累积量 0~2 m soil nitrate accumulation	
	S0	S1	S0	S1	S0	S1
	N0	200aA	203aA	187cA	205dA	386dA
N84	217aA	213aA	406bA	346cA	623bcA	559bA
N168	202aA	200aA	393bA	369cA	595cA	560bA
N252	214aA	207aA	529aA	447bA	743bA	654bA
N336	217aA	246aA	609aA	566aA	826aA	812aA

3 讨论

3.1 秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量的影响

秸秆还田对小麦产量的影响报道较多,有研究表明,秸秆还田处理不施氮肥时,会导致作物减产。Limon-Ortega 等^[19]试验结果表明,不施氮肥时秸秆还田处理小麦减产 10.8%,施氮量为 75~300 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时增产 0.7%~10.2%。赵鹏等^[13]田间试验结果显示,秸秆还田处理不施氮肥时,小麦产量降低,秸秆还田配施纯氮 90、180、270 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 360 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时比单施同量氮肥分别增产 7.1%、8.4%、11.1% 和 10.2%,这与本试验研究结果趋势相似。结合小麦生育期土壤硝态氮含量,在返青期不施氮肥或者施氮量较低时,秸秆还田处理土层硝态氮累积量较低,低于秸秆不还田处理。返青期小麦起身、吸氮量增加,加之土壤秸秆腐解加速后对土壤速效氮的利用,可能导致小麦短期缺氮,影响小麦生长,进而导致小麦减产。也有报道指出,秸秆还田可以改善土壤的理化性状,调节土壤的水、肥、气、热状况,当氮肥充足时,更有利于小麦生长,使有效穗数、穗粒数、千粒质量均有明显提高,对小麦具有明显的增产效果^[20]。

3.2 秸秆还田配施氮肥对土壤硝态氮含量的影响

秸秆还田不仅影响冬小麦收获期土壤硝态氮累积量,对其不同生育期硝态氮含量也有一定影响。

在冬小麦分蘖期,由于小麦苗期生长所需的氮素较少,并且秸秆分解较慢,植物和微生物吸收利用氮素相对较少,因此,此时表层(0~40 cm)土壤硝态氮累积量相对较高。而秸秆还田处理对硝态氮累积量的影响与施氮量有关,施氮量较低时(低于 84 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),秸秆还田处理与不还田处理硝态氮累积量差异不大。当施氮量较高时(高于 84 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$),秸秆还田处理硝态氮累积量均高于不还田处理;返青期随着气温回升,冬小麦生长所需氮素增多,加之秸秆腐解加快^[21],微生物从土壤中吸氮,导致土壤中氮素减少,0~20 cm 土层秸秆还田各处理硝态氮累积量都低于不还田处理。

关于收获期秸秆还田对土壤硝态氮累积量的影响,不同试验地点其结果不同,本试验一(周至县)结果表明,随着施氮量增加,土壤硝态氮累积量逐渐提高,施氮量高于 168 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,0~1 m 土层硝态氮累积量明显高于 1~2 m 土层。总体来说,秸秆还田处理硝态氮累积量均有高于秸秆不还田处理的趋势,秸秆还田处理有利于土层硝态氮在可被小麦吸收利用土层的累积,减少其向深层土壤的淋溶量。

而本试验地点二(武功县)结果显示,0~2 m 和 1~2 m 土层,除 N0 处理秸秆还田后土壤硝态氮累积量有高于不还田处理的趋势外,其它施氮水平均为秸秆还田处理与不还田处理硝态氮累积量十分接近。秸秆还田对土壤硝态氮含量的影响在不同条件

下结果不同,可能受多因素的影响,如土壤温度、水分条件、作物产量等。这可能是由于秸秆腐解是一个复杂的物质和能量转化过程,除受秸秆本身的性质影响外,腐解时间、土壤条件、气候等外部原因对这个过程也有很大的影响。武功县试验地播前土壤养分含量高而产量低于周至县试验地,这也是引起两地收获期土壤硝态氮残留量差异的重要原因之一。在宁夏黄灌区试验发现^[22],在稻田常规施肥基础上,对秸秆分半量和全量还田,能有效减少 30 cm 土层处的硝态氮淋失量。赵鹏等^[13]研究结果为,秸秆还田短期内提高了冬小麦氮素利用效率,减少了 0~200 cm 土层土壤剖面硝态氮残留量。

4 结 论

秸秆还田对冬小麦产量和土壤硝态氮的影响与施氮量有关。施氮量较低时,秸秆还田处理小麦产量低于秸秆不还田处理,施氮量较高时则相反。秸秆的分解可以释放氮素,同时也需要吸收土壤中的氮素,本试验中,小麦分蘖期总体趋势为秸秆还田处理硝态氮累积量高于不还田处理,说明秸秆还田有利于土层硝态氮的累积,减少其向下淋溶;而在小麦返青期,秸秆腐解以及小麦生长都需要吸收大量的氮素,而春季追肥尚未实施,导致土壤硝态氮含量低,并且施氮量较低时土壤硝态氮出现短期耗竭,秸秆还田处理低于不还田处理。秸秆还田对冬小麦收获期土壤硝态氮累积量的影响,不同试验地点结果不同,可能由于作物产量、气候条件、土壤类型和肥力条件的差异有关,尚需长期田间定位试验的验证。

参 考 文 献:

- [1] Malhi S S, Lemke R. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle[J]. *Soil & Tillage Research*, 2007, 96(1-2): 269-283.
- [2] 张 静,温晓霞,廖允成,等.不同玉米秸秆还田量对土壤肥力及冬小麦产量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(3): 612-619.
- [3] 范丙全,刘巧玲.保护性耕作与秸秆还田对土壤微生物及其溶磷特性的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(3): 130-132.
- [4] 韩新忠,朱利群,杨敏芳,等.不同小麦秸秆还田量对水稻生长、土壤微生物生物量及酶活性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2012, 31(11): 2192-2199.
- [5] Kumar K, Goh K M, Scott W R, et al. Effects of 15N-labeled crop residues and management practices on subsequent winter wheat yields, nitrogen benefits and recovery under field conditions[J]. *Agric Sci*, 2001, 136: 35-53.
- [6] Tian G, Kang B T, Brunard L. Biological effect of plant residues with contrasting chemical composition under humid tropical conditions, decomposition and nutrient release[J]. *Soil Biol Biochem*, 1993, (24): 1051-1060.
- [7] 田慎重,宁堂原,王 瑜,等.不同耕作方式和秸秆还田对麦田土壤有机碳含量的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21: 373-378.
- [8] 张 鹏,贾志宽,王 维,等.秸秆还田对宁南半干旱地区土壤团聚体特征的影响[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(8): 1513-1520.
- [9] 路文涛,贾志宽,张 鹏,等.秸秆还田对宁南旱作农田土壤活性有机碳及酶活性的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(3): 522-528.
- [10] 薄国栋,张继光,申国明,等.秸秆还田对植烟土壤有机质及团聚体特征的影响[J]. *中国烟草科学*, 2014, 35(3): 17-21.
- [11] 黄婷苗.秸秆还田条件下冬小麦高产高效的氮素管理与调控[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [12] 陈 金,唐玉海,尹燕桦,等.秸秆还田条件下适量施氮对冬小麦氮素利用及产量的影响[J]. *作物学报*, 2015, 41(1): 160-167.
- [13] 赵 鹏,陈 阜.秸秆还田配施化学氮肥对冬小麦氮效率和产量的影响[J]. *作物学报*, 2008, 34(6): 1014-1018.
- [14] 慕 平,张恩和,王汉宁,等.不同年限全量玉米秸秆还田对玉米生长发育及土壤理化性状的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(3): 291-296.
- [15] 李 玮,乔玉强,杜世州,等.秸秆还田配施氮肥对冬小麦氮素吸收特性及产量的影响[J]. *麦类作物学报*, 2014, 34(10): 1420-1425.
- [16] 顾焱明.施氮对关中灌区秸秆还田小麦生长及秸秆腐解规律的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [17] 高亚军,李 云,李生秀,等.旱地小麦不同栽培条件对土壤硝态氮残留的影响[J]. *生态学报*, 2005, 11(25): 2901-2910.
- [18] 董明蕾.秸秆覆盖条件下灌水和施氮对旱地冬小麦产量、水肥利用及土壤温度的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [19] Limon-Ortega A, Sayre K D, Francis C A. Wheat and maize yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system[J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92: 295-302.
- [20] 刘思春,张 红,吕家珑,等.长期秸秆还田对农田土壤水分运动与热力学函数关系初探[J]. *农业环境科学学报*, 2012, 31(9): 1791-1798.
- [21] 黄 涛,仇少君,杜 娟,等.碳氮管理措施对冬小麦/夏玉米轮作体系作物产量、秸秆腐解、土壤 CO₂ 排放的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(4): 756-768.
- [22] 王永生,黄 剑,杨世琦.宁夏黄灌区秸秆还田对硝态氮流失量的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(4): 697-703.