

李 华,刘世平,陈 畅,等. 连续免耕与秸秆还田对土壤养分含量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):237-241.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.061

连续免耕与秸秆还田对土壤养分含量的影响

李 华,刘世平,陈 畅,王 静

(扬州大学农学院,江苏扬州 225009)

摘要:为探讨连续免耕与秸秆还田对土壤养分含量的影响,在扬州大学遗传生理重点实验室试验田进行连续 10 年不同耕作方式的稻麦两熟定位试验。结果表明,连续免耕(免耕覆盖 NTS 与免耕高茬 NTH)与翻耕秸秆直接还田(全量还田 CTS1、半量还田 CTS2)均有利于增加土壤有机质的含量,无论在麦后还是稻后整个土层的有机质含量都处于较高的水平。土壤全氮含量的变化方向与有机质相似,但秸秆还田量的多少对全氮影响并无明显差异。免耕可以提高土壤表层碱解氮含量,秸秆还田有利于提高土壤整个耕层的碱解氮含量。连续免耕与秸秆还田对速效磷影响效果不明显。免耕覆盖(NTS)和秸秆全量还田(CTS1)均有利于提高土壤速效钾的含量。麦免耕稻(RNT)、麦耕稻免(RCT)处理土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量均有所增加,但没有免耕和翻耕秸秆还田效果显著。免耕与秸秆还田处理 10 年有机质和全氮平均含量均高于翻耕无秸秆还田(CT)处理。

关键词:免耕;秸秆还田;耕作方式;土壤肥力;保护性耕作

中图分类号: S158;S345 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0237-05

保护性耕作作为世界上应用范围最广、效果最好的一项农业技术,越来越受到世界各国的关注^[1-2]。我国保护性耕作的研究开始于 20 世纪 60 年代,关于免耕与秸秆还田技术的研究取得了巨大发展,研究表明保护性耕作在我国可行^[3]。农作物秸秆含有丰富的氮、磷、钾和微量元素,是一种重要的可再生资源,免耕与秸秆还田具有改变土壤容重,增加土壤通气、田间持水量和水稳性团粒结构的功能,从而改善土壤物理性状,提高土壤保肥、保水能力。稻秆在覆盖还田后通过雨水和土壤微生物的共同作用进入土壤,能够促进土壤有机质的形成,增加土壤中氮、磷,尤其是可溶性钾的含量。作物秸秆本身含有各种营养元素,是土壤养分的主要补给源。

保护性耕作能够减轻小麦冻害,降低死苗率,保证小麦安全越冬,促进小麦的根系发育,秸秆还田可以增加酶的数量,提高酶的活性,可以使土壤中脲酶、中性磷酸酶、蔗糖酶等酶的活性均高于不还田处理,还田后土壤中转化酶活性明显提高,是促进土壤中氮素养分增加的有效途径之一^[4-6]。少免耕配合秸秆还田有利于籽粒的充实,从而能提高作物产量^[7-8]。保护性耕作适宜大面积推广,它不仅能够实现增产增效,也是解决生态环境问题,促进旱区农业可持续发展的措施之一。江苏省位于我国东部沿海,虽然水资源丰富,风蚀现象发生概率小,但由于传统翻耕模式、化学肥料和粗放型植保机械施药技术的长期使用,部分地区土壤板结严重,渗透性差,水、肥不能有效利用,土壤肥力下降。保护性耕作技术的推广能够明显减少风对土壤的侵蚀,提高土壤蓄水保墒能力,可以培肥土壤,改善土壤结构,达到节本增效、增产增收,解决了长期传统性耕作带来的土壤贫瘠、水土流失严重等问题,同时避免秸秆焚烧,改善了生态环境,实现农业的可持续发展^[9]。目前,国内外大量研究结果证明,秸秆还田对农业生态系统是有利的^[10-13],但对不同耕法与秸秆还田所引起的生态效应,尚缺乏系统定位研究。因此,本研究选择稻麦两熟地区进行连续定位试验,意在探讨免耕与秸秆还田相配套的耕作技术体系

收稿日期:2017-02-20

基金项目:科技部重点攻关项目(编号:2004BA520A03);国家科技支撑计划(编号:2006BAD02A03、2011BAD16B03);江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介:李 华(1990—),男,江苏徐州人,硕士,研究方向为作物生理与品质。E-mail:741391529@qq.com。

通信作者:刘世平,教授,研究方向为农业生态与作物品质。E-mail:spliu@yzu.edu.cn。

[20]李法松,倪 卉,黄涵宇,等. 安徽省部分城市土壤中全氟化合物空间分布及来源解析[J]. 环境科学,2017,38(1):327-332.

[21]胡国成,郑 海,张丽娟,等. 珠江三角洲土壤中全氟化合物污染特征研究[J]. 中国环境科学,2013,33(增刊1):37-42.

[22]陈 舒,焦杏春,盖 楠,等. 中国东部农村地区土壤及水环境中全氟化合物的组成特征和来源初探[J]. 岩矿测试,2015,34(5):579-585.

[23]Zhou L N,Xia M J,Wang L,et al. Toxic effect of perfluorooctanoic acid(PFOA) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Chemosphere,2016,159:420-425.

[24]Wen B,Wu Y L,Zhang H N,et al. The roles of protein and lipid in the accumulation and distribution of perfluorooctane sulfonate(PFOS) and perfluorooctanoate(PFOA) in plants grown in biosolids-amended soils[J]. Environmental Pollution,2016,216:682-688.

[25]Lechner M,Knapp H. Carryover of perfluorooctanoic acid(PFOA) and perfluorooctane sulfonate(PFOS) from soil to plant and distribution to the different plant compartments studied in cultures of carrots(*Daucus carota* ssp. *sativus*),potatoes(*Solanum tuberosum*), and cucumbers(*Cucumis sativus*)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2011,59(20):11011-11018.

对农田生态系统结构、功能、生产力的影响,丰富耕作和生态学的理论,为稻麦免耕高产栽培和秸秆科学还田提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验在扬州大学遗传生理重点实验室试验田和网室内进行,设置大田小区试验和网室微区试验,于2014年和2015年以扬麦3号和南粳9108为试验材料进行定位试验,对2014年和2015年不同处理土壤的理化性质进行测定分析。

1.2 试验材料

供试土壤为沙壤土,大田土壤的有机质含量为14.66 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量依次为87.9、30.8、75.5 mg/kg。网室土壤的有机质含量为15.7 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量依次为93.2、49.3、87.6 mg/kg。

1.3 试验设计

大田试验设置8个处理,每处理25 m²,随机排列,重复3次。8个处理为免耕秸秆覆盖还田(NTS):连免覆,稻季覆盖麦秸,麦茬高25~30 cm,麦季覆盖稻秸,稻茬高20~25 cm,秸秆还田量为每季4 500 kg/hm²;耕高茬还田(NTH):免高茬,留茬高度同NTS,秸秆还田量为每季3 000 kg/hm²;麦免稻耕(RNT):轮耕1,秸秆还田量为麦季3 000 kg/hm²;麦耕稻免(RCT):轮耕2,秸秆还田量为稻季3 000 kg/hm²;翻耕秸秆全量还田(CTS1):耕全还,秸秆稻季翻埋麦季覆盖,秸秆还田量为每季4 500 kg/hm²;翻耕秸秆半量还田(CTS2):耕半还,秸秆还田量为每季3 000 kg/hm²;稻麦秸秆焚烧(CTB):耕烧还,秸秆焚烧量为每季3 000 kg/hm²;翻耕无秸秆还田(CT):耕无。

网室设置4个处理,分别为连续免耕秸秆覆盖还田(网免覆,NTS)、免耕高茬还田(网免高,NTH)、翻耕秸秆还田(网耕还,CTS)和翻耕无秸秆还田(网耕无,CT)。每处理2 m²,随机排列,重复3次。

1.4 测定项目与方法

在水稻(10月中下旬)、小麦(6月上旬)收获后,分3层取土壤样品备用,分别为0~7 cm、7~14 cm、14~21 cm。用重铬酸钾-外加热法测定土壤有机质的含量;用硫酸-混合催化剂联合消煮开氏蒸馏法测定土壤全氮的含量;用碱解扩散法测定土壤碱解氮的含量;用NaHCO₃法测定土壤速效磷的含量;用NH₄OAc浸提-火焰光度计法测定土壤速效钾的含量。

2 结果与分析

2.1 连续免耕与秸秆还田对土壤养分含量的影响
2.1.1 对土壤有机质的影响 对不同处理水稻收获后和小麦收获后土壤有机质含量进行测定,结果(表1)表明,大田试验中,7个处理表层土壤有机质含量以及平均有机质含量均大于CT处理,与CT处理相比,稻麦两季收后平均增加13.69%~31.97%。从上下层变化趋势来看,免耕处理分层差距比翻耕处理明显,在相同耕作方式中,NTS处理、NTH处理表层有机质含量较高,平均有机质含量NTS处理略高,差异不明显,对下层有机质含量影响不大;CTS1、CTS2处理的各层有机质含量均高于CT,CTS2处理平均有机质含量高于CTS1,但差异不明显。网室处理中,NTS、NTH、CTS处理的有机质含量均高于CT处理,其中NTS处理上层有机质含量最高,与CT处理有显著差异。

表1 免耕与秸秆还田对土壤有机质含量的影响

地点	处理	水稻收后土壤土层有机质含量(g/kg)				小麦收后土壤土层有机质含量(g/kg)			
		0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm
大田	NTS	29.75a	16.38c	16.47b	20.87ab	28.48a	19.21ab	17.57a	21.75a
	NTH	28.09a	18.12bc	15.34bc	20.52ab	25.98a	19.97ab	15.30ab	20.42a
	RNT	21.16bc	21.15ab	16.66b	18.80b	20.04cd	17.62bc	14.53ab	17.4bc
	RCT	22.36b	20.47ab	16.03b	19.62b	23.12b	19.30ab	15.42ab	19.28ab
	CTS1	20.80bc	20.55ab	19.48a	20.27ab	21.89bc	19.53a	17.75a	19.73ab
	CTS2	21.66bc	23.47a	21.62a	22.25a	20.80bcd	19.30ab	19.22a	19.77ab
	CTB	20.48bc	19.88b	19.57a	19.98b	19.82cd	16.76bc	15.81ab	17.03bc
	CT	18.66c	16.19c	13.11c	15.98c	19.74cd	14.48c	13.35b	15.86c
网室	NTS	30.46a	22.28a	14.34a	22.36a	30.39a	20.93a	16.74a	22.69a
	NTH	31.71a	19.76a	13.72a	21.73a	23.76b	20.03a	17.39a	20.39ab
	CTS	23.52b	19.94a	14.28a	19.25ab	20.64b	21.42a	18.17a	20.08ab
	CT	21.35b	20.00a	14.71a	18.69b	19.03b	21.02a	15.69a	18.58b

注:同栏同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

2.1.2 对土壤全氮的影响 在水稻收获后和小麦收获后对不同处理土壤全氮含量进行测定,结果(表2)表明,大田试验土壤全氮的变化趋势与有机质趋势基本相似,7个处理表层土壤的全氮含量均高于CT处理,耕层平均全氮含量也比CT处理高。与CT处理相比,稻麦两季收后土壤全氮含量平均增加2.08%~17.71%。可以说明,无论大田还是网室,连续免耕处理土壤表层全氮含量均较高,而下层全氮含量较低,轮免、轮耕和翻耕处理全氮分布较均匀。各个处理全氮含量均高于CT处理,且在稻后和麦后均没有明显差异。

2.2 对土壤供肥特性的影响
2.2.1 对土壤碱解氮的影响 在水稻收获后和小麦收获后对不同处理土壤碱解氮含量进行测定,结果(表3)表明,在大田试验中,7个处理的土壤碱解氮含量都高于CT处理,且各处理土壤碱解氮表层含量处于较高水平,与CT相比,稻麦两季收后平均增加9.46%~19.71%。连续免耕处理(NTS、NTH处理)上层碱解氮含量高于其他处理,并且不同层次差异明显。由于免耕处理表层土壤保持原状,NTS处理、NTH处理水稻收获后上层(0~7 cm)碱解氮含量约是CT处理的

表 2 免耕与秸秆还田对土壤全氮含量的影响

地点	处理	水稻收后土壤土层全氮含量(g/kg)				小麦收后土壤土层全氮含量(g/kg)			
		0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm
大田	NTS	1.46a	0.66b	0.72b	0.94a	1.22a	1.11a	0.86b	1.06a
	NTH	1.22ab	0.90ab	0.86ab	1.00a	1.35a	1.16a	0.98a	1.16a
	RNT	1.07b	1.06a	0.85ab	0.99a	1.21a	1.20a	0.99a	1.13a
	RCT	0.99b	0.89ab	0.82ab	0.90a	1.22a	0.99a	0.96ab	1.06a
	CTS1	1.05b	1.03a	0.87ab	0.98a	1.37a	1.24a	1.13a	1.25a
	CTS2	1.05b	0.90ab	0.85ab	0.93a	1.32a	1.25a	1.06a	1.21a
	CTB	1.03b	0.96ab	0.91a	0.97a	1.39a	1.21a	1.06a	1.22a
	CT	0.98b	0.90ab	0.70b	0.86a	1.18a	1.03a	0.96a	1.06a
网室	NTS	1.23a	0.86ab	0.82a	0.97a	1.34ab	1.07ab	0.83a	1.08a
	NTH	1.10ab	1.07a	0.82a	0.99a	1.45a	1.29a	0.88a	1.21a
	CTS	1.02ab	0.91ab	0.89a	0.94a	1.21b	1.12ab	1.06a	1.12a
	CT	0.99b	0.65b	0.62b	0.75b	1.32ab	0.96b	0.89a	1.06a

1.6 倍。小麦收获后 NTS 处理上层(0~7 cm)比 CT 处理提高 30.69%。而中层(7~14 cm)、下层(14~21 cm)土壤碱解氮含量与 CT 处理处理相近或者偏低。翻耕秸秆还田处理的土壤各层碱解氮含量都明显高于 CT 处理。网室试验中,免

耕处理土壤碱解氮含量高于 CT 处理,免耕处理上层(0~7 cm)土壤碱解氮含量在水稻收后和小麦收后均高于翻耕处理,稻收后各处理的碱解氮含量也均低于小麦收后,与大田一致。

表 3 免耕与秸秆还田对土壤碱解氮含量的影响

地点	处理	水稻收后土壤土层碱解氮含量(mg/kg)				小麦收后土壤土层碱解氮含量(mg/kg)			
		0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm
大田	NTS	124.68a	58.10c	56.70a	79.89ab	135.40a	92.60c	85.30bc	104.30bc
	NTH	104.30ab	59.33c	63.00a	75.54ab	121.80ab	108.50bc	86.80bc	105.07bc
	RNT	91.70b	78.75ab	65.24a	78.56ab	107.10bc	105.00bc	88.90bc	100.33c
	RCT	83.30bc	76.10ab	61.60a	73.67b	134.40a	114.10b	90.30bc	112.93ab
	CTS1	81.20bc	87.50a	68.60a	79.10ab	120.40ab	103.60b	98.00ab	107.33ab
	CTS2	91.95b	88.20a	63.70a	81.28a	138.61a	126.00a	87.50bc	117.37a
	CTB	84.70bc	69.30bc	67.73a	73.91b	122.52ab	109.90bc	100.10ab	110.83ab
	CT	72.80c	82.60ab	57.40a	70.93b	103.60c	110.90bc	83.30c	94.03c
网室	NTS	104.48a	71.76a	70.00ab	82.08a	129.50a	111.90a	104.30a	115.97a
	NTH	107.80a	78.40a	64.40b	83.53a	121.10a	112.90a	84.70b	102.90a
	CTS	84.00b	78.40a	77.00a	77.47b	113.90a	86.10b	73.50b	78.63b
	CT	78.79b	77.00a	74.20a	76.66b	88.90b	114.90a	72.10b	80.97b

2.2.2 对土壤速效磷的影响 在水稻收后和小麦收后对土壤速效磷含量进行测定,结果(表 4)表明,在大田试验中,连续免耕处理的土壤表层速效磷含量与其他处理接近甚至更低,没有出现明显的富集现象,各土层之间也无明显差异,与 CT 处理相比,稻麦两季收后平均增加 -4.86%~9.38%。水

稻收后 7 个处理速效磷含量均高于 CT 处理,但之间的差异不明显,小麦收后 NTS、NTH、RCT 和 CTS2 处理速效磷含量甚至低于 CT 处理,其他处理也只是略高于 CT 处理。网室试验中无论是水稻收后还是小麦收后,各个处理之间速效磷含量无明显差异。

表 4 免耕与秸秆还田对土壤速效磷含量的影响

地点	处理	水稻收后土壤土层速效磷含量(mg/kg)				小麦收后土壤土层速效磷含量(mg/kg)			
		0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm
大田	NTS	20.78a	22.98a	18.51a	20.76a	20.77b	19.60b	22.45a	20.94a
	NTH	24.33a	22.29a	22.92a	23.18a	27.00ab	22.37ab	24.93a	24.77a
	RNT	24.24a	19.76a	23.59a	22.53a	32.03a	29.22a	25.62a	28.96a
	RCT	16.77ab	18.54a	24.28a	19.86a	26.98ab	22.04ab	16.84b	21.95a
	CTS1	18.65ab	18.61a	25.97a	21.08a	27.94ab	28.16a	26.42a	27.51a
	CTS2	19.91a	19.91a	25.81a	21.88a	27.19ab	24.01ab	24.41a	25.20a
	CTB	19.30ab	23.77a	23.92a	22.33a	26.82ab	25.70a	24.89a	25.80a
	CT	13.33b	20.83a	22.78a	18.98a	26.95ab	24.73ab	25.22a	25.63a
网室	NTS	44.58a	41.52a	37.07a	41.06a	33.31a	39.72a	39.72a	37.58a
	NTH	42.59a	34.93a	35.23a	37.58a	38.12a	44.21a	35.23a	39.19a
	CTS	37.38a	40.14a	42.43a	39.99a	36.84a	39.24a	37.80a	37.96a
	CT	38.91a	35.54a	36.31a	36.92a	34.43a	36.68a	36.36a	35.82a

2.2.3 对土壤速效钾的影响 在水稻收获后和小麦收获后对土壤速效钾含量进行测定。由表 5 可以看出,在大田试验中,7 个处理(除 CTB 外)的土壤表层速效钾含量处于较高水平,有明显的富集现象,各层次之间差异明显,与 CT 处理相比,稻麦两季收后平均增加 4.42%~10.31%。其中 NTS 处理的土壤表层速效钾富集表现最为明显,CTS1 处理的土壤全

层速效钾含量高于 CTS2 处理,说明免耕与秸秆还田均有利于提高土壤速效钾含量,免耕有利于提高表层速效钾含量,而翻耕处理有利于提高土壤全层速效钾含量,而且秸秆还田量越多,速效钾含量越高。网室与大田基本一致,与 CT 处理相比,秸秆还田对土壤速效钾含量的影响更为明显。

表 5 免耕与秸秆还田对土壤速效钾含量的影响

地点	处理	水稻收后土壤土层速效钾含量(mg/kg)				小麦收后土壤土层速效钾含量(mg/kg)			
		0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm	0~7 cm	7~14 cm	14~21 cm	0~21 cm
大田	NTS	161.52a	97.01b	75.59b	111.37a	153.57ab	97.31ab	81.71a	110.86a
	NTH	141.99ab	111.87ab	82.05ab	111.97a	143.85ab	99.16ab	81.65a	108.22a
	RNT	138.26ab	118.89a	80.02ab	112.39a	157.46a	99.24ab	93.31a	116.67a
	RCT	138.35ab	108.08ab	99.05ab	115.16a	145.80ab	99.14ab	77.67a	107.54a
	CTS1	135.66ab	99.28b	114.38a	116.44a	149.82ab	103.03ab	87.48a	113.45a
	CTS2	134.11ab	99.53b	88.47ab	107.37a	136.20ab	107.13a	87.39a	110.24a
	CTB	129.74b	97.24b	82.21ab	103.06a	134.13ab	93.40b	79.54a	102.36a
	CT	127.83b	99.66b	86.49ab	104.66a	132.19b	91.45b	87.56a	103.74a
网室	NTS	133.39a	73.29ab	43.20b	83.29a	97.20a	62.21ab	54.32ab	71.24a
	NTH	116.41a	77.60ab	47.52b	80.51a	89.61ab	66.09ab	50.54b	68.75a
	CTS	90.72ab	82.24a	99.76a	90.91a	81.48ab	77.76a	58.32a	72.52a
	CT	73.59b	69.40b	43.37b	62.12b	73.87b	58.32b	54.32ab	62.17b

2.2.4 连续免耕与秸秆还田对耕层土壤有机质含量的影响 将 2006—2015 年连续 10 年麦后的耕层土壤有机质含量进行分析,结果(表 6)表明,在大田 7 个处理中,免耕与秸秆还田处理 10 年有机质平均含量均高于 CT 处理,平均增加 6.45%~22.01%,以 CTS1 和 CTS2 处理为高。免耕处理中,NTS 和 NTH 处理 10 年连续免耕有机质含量均较高,且两者含量差别不大。连续秸秆还田处理(CTS1、CTS2)有机质含量处于最高水平,CTS1 为全量秸秆还田处理,CTS2 为半量秸秆

还田处理,其中 CTS1 处理的有机质含量最高。CTB 和 CT 处理为连续翻耕无秸秆直接还田处理,CTB 处理有机质含量略高于 CT 处理。综合来看,翻耕秸秆还田处理对土壤耕层有机质含量增加效果最好,免耕次之。网室连续 10 年不同处理中,翻耕秸秆还田处理 CTS 有机质平均含量最高,免耕处理 NTS 和 NTH 次之,比 CT 处理平均增加 0.40%~8.35%,表明翻耕秸秆还田与免耕处理对土壤耕层有机质含量均有提高作用,又以翻耕秸秆还田提高有机质含量效果最好。

表 6 不同处理对土壤耕层有机质含量的影响(麦后)

地点	处理	有机质含量(g/kg)										
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	平均
大田	NTS	20.09a	18.43a	17.44a	15.39bc	17.13b	18.28bc	18.65ab	17.17ab	18.39ab	20.04a	18.10ab
	NTH	19.46a	17.45ab	15.85bc	16.09ab	18.18ab	18.04bc	17.97b	18.64ab	18.28ab	19.99a	18.00ab
	RCT	16.52b	16.14bc	14.95c	13.64c	15.87c	16.58cd	17.94b	17.09ab	17.38ab	17.4bc	16.35bc
	RNT	16.98b	17.96ab	16.54ab	15.19bc	17.63b	19.03ab	19.14ab	18.73ab	17.90ab	19.28ab	17.84ab
	CTS1	19.51a	18.17a	16.99ab	17.57a	20.07a	20.51a	20.02a	19.25ab	18.39ab	19.73ab	19.02a
	CTS2	19.32a	18.15a	17.83a	15.74ab	19.84a	19.48ab	19.40ab	19.90a	20.70a	19.12ab	18.95a
	CTB	18.16ab	17.53ab	16.59ab	14.52bc	17.92b	17.98bc	19.54ab	18.19ab	17.93b	17.03bc	17.54ab
	CT	18.86ab	15.66c	14.30c	14.44bc	15.72c	14.87d	15.26c	15.22b	13.38c	15.86c	15.36c
网室	NTS	19.97a	18.30a	17.41ab	17.69a	19.25a	19.48a	18.66b	14.71b	15.73b	19.28a	18.05ab
	NTH	19.17a	17.83a	16.73b	17.57a	18.40a	17.95ab	17.90b	15.10b	16.12ab	18.68a	17.55b
	CTS	19.73a	18.06a	19.52a	18.49a	19.43a	18.61ab	20.03a	18.14a	17.30a	20.08a	18.94a
	CT	18.06b	17.06a	17.87ab	18.11a	17.79a	16.25b	17.84b	15.88b	17.41a	18.58a	17.48b

2.2.5 连续免耕与秸秆还田对耕层土壤全氮含量的影响 对 2006—2015 年连续 10 年不同处理麦后耕层土壤全氮含量进行比较,结果如表 7 所示,大田处理中,免耕处理与秸秆还田处理的耕层全氮平均含量均高于 CT 处理,平均增加 5.49%~21.98%。NTS 和 NTH 处理全氮含量在 10 年中无显著差异。RNT 和 RCT 为轮耕处理,RNT 处理的 10 年平均全氮含量略高于 RCT 处理,RCT 处理只有 2011 年、2014 年和 2015 年高于 RNT 处理,这可能与气候、小麦生长等其他因素

有关。连续翻耕秸秆还田处理 CTS1 和 CTS2 耕层全氮含量随着时间推进有增加的趋势,且两者均高于其他处理,说明连续翻耕秸秆还田处理对土壤耕层全氮含量有明显的提高作用,而 CTS2 处理耕层平均全氮含量略高于 CTS1,说明秸秆还田量的多少对土壤耕层全氮含量也有一定的影响,并不是越多越好。相对大田处理,网室处理中,10 年间 NTS、NTH、CTS 处理基本上均高于 CT 处理,平均增加 7.07%~11.11%,翻耕秸秆还田处理 CTS 最高,免耕 NTS、NTH 处理次之。所以,

表 7 不同处理对土壤耕层全氮含量的影响(麦后)

地点	处理	全氮含量(g/kg)										
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	平均
大田	NTS	1.06ab	1.08a	0.91ab	1.05ab	1.04ab	0.93b	1.05ab	0.94ab	1.09a	1.06a	1.02ab
	NTH	1.07ab	1.03a	0.96ab	1.02ab	1.02ab	1.03a	1.04ab	1.04a	1.11a	1.16a	1.05ab
	RCT	0.91b	0.92ab	0.87b	0.87b	0.98ab	0.94b	0.95bc	0.89ab	1.14a	1.13a	0.96ab
	RNT	1.00ab	0.99ab	0.89b	0.97b	1.01ab	0.91b	1.01b	0.96ab	1.08a	1.06a	1.00ab
	CTS1	1.13a	1.06a	0.96ab	1.18a	1.16a	1.06a	1.09ab	0.97ab	1.04a	1.25a	1.09a
	CTS2	1.15a	1.12a	0.93ab	1.15a	1.15a	1.03a	1.11a	1.13a	1.11a	1.21a	1.11a
	CTB	1.09ab	0.94ab	1.02a	1.03ab	1.03ab	0.91b	1.00b	1.05a	1.05a	1.17a	1.03ab
	CT	0.91b	0.87b	0.84b	0.91b	0.93b	0.99ab	0.89c	0.77b	0.96a	1.06a	0.91b
网室	NTS	1.17a	1.11a	0.86a	1.27a	1.24a	1.04a	1.07a	0.92a	1.04a	1.08a	1.08a
	NTH	1.08a	1.07a	1.05a	1.18ab	1.13ab	0.89ab	0.98a	1.10a	1.06a	1.07a	1.06a
	CTS	1.04a	1.16a	1.07a	1.21ab	1.21ab	0.88ab	1.08a	1.12a	1.10a	1.12a	1.10a
	CT	0.98a	1.09a	0.90a	0.99b	1.08b	0.78b	0.99a	0.97a	1.06a	1.01a	0.99a

免耕与秸秆还田可以增加土壤耕层全氮含量,尤其以翻耕秸秆还田效果最好。

3 结论与讨论

3.1 不同耕作与秸秆还田对土壤养分含量的影响

连续免耕与直接还田对土壤的营养元素有一定的改善作用。2014—2015 年连续免耕处理 NTS 和 NTH、轮耕处理 RNT 和 RCT、秸秆翻耕直接还田处理 CTS1 和 CTS2 的土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量与 CT 处理相比均有所增加。稻麦两季收获后的有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量分别增加 13.69%~31.97%、2.08%~17.71%、9.46%~19.71%、4.42%~10.31%,对速效磷的增加效果不明显,焚烧秸秆还田处理 CTB 比 CT 也略有增加,但增加幅度没有翻耕秸秆直接还田处理大。RNT、RCT 处理与 CT 处理相比,稻后、麦后的土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量均有一定程度的增加,表明一季秸秆直接还田对土壤有一定的培肥作用,但是两季秸秆直接还田的效果更为明显,而在一定范围内,土壤有机质和速效钾的含量与秸秆还田量的多少呈正比关系,翻耕秸秆还田处理的土壤全氮和碱解氮含量高于免耕处理。说明免耕、轮耕与秸秆还田有利于改善土壤的营养元素,免耕与秸秆还田有利于提高土壤有机质和速效钾含量,而翻耕秸秆还田能够增加土壤有效氮,可以适当减少肥料的施用量。在大田免耕与秸秆还田处理 10 年有机质和全氮平均含量均高于 CT 处理,平均增加分别为 6.45%~22.01% 和 5.49%~21.98%,其中 CTS1 和 CTS2 处理有机质和全氮平均含量较高。

3.2 关于不同耕作方法对土壤肥力的影响

土壤肥力是协调植物营养生长和环境条件的重要因素之一,不同的耕作方式对土壤肥力的影响不同。通过合理的耕作方式可以改善土壤过松、龟裂、板结等问题。常规的土壤耕作虽然短时间内可以提高作物产量,但随着时间的积累,常规土壤耕作成本增加,土壤结构破坏,水土流失加剧,土壤肥力下降,最终会导致过于依赖化肥而造成土壤板结。免耕可以减少土壤耕作次数,保持土壤原有结构。作物秸秆含有大量

的有机质、氮、磷、钾等营养元素,秸秆还田可有效补给土壤肥力,参与土壤生态系统的物质循环,增加土壤中养分储量,秸秆还田是循环利用这部分营养元素简便有效的方法。适量秸秆还田可以改善土壤供肥特性,适当减少化肥的使用。

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] 金亚征,丁丽梅,王兴月. 保护性耕作研究进展与评述[J]. 河北北方学院学报(自然科学版),2010,26(1):24-28,34.
- [3] 马俊贵. 保护性耕作技术简介[J]. 新疆农机化,2004(4):19-20.
- [4] 路 明. 现代生态农业[M]. 北京:中国农业出版社,2002:32.
- [5] 涂建平,徐雪红,夏忠义. 南方农业保护性耕作的进展[J]. 农机化研究,2004(2):30-31.
- [6] 高焕文. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京:化学工业出版社,2004:25-28.
- [7] 赵华桐,周 舫,颜 红,等. 耕作方式与秸秆还田对冬小麦/夏玉米籽粒糖类积累和产量的影响[J]. 山东农业科学,2014,46(1):32-36.
- [8] 冯 璐,张 焱,陶大云. 保护性农业的概念演绎与发展演变[J]. 生态经济,2011(10):106-109.
- [9] 曾洪玉,唐宝国,蔡建华,等. 秸秆还田对耕地质量及稻麦产量的影响[J]. 江苏农业科学,2011,39(4):499-501.
- [10] 徐国伟,吴长付,刘 辉,等. 麦秸还田及氮肥管理技术对水稻产量的影响[J]. 作物学报,2007,33(2):284-291.
- [11] 刘世平,陈文林,聂新涛,等. 麦稻两熟地区不同埋深对还田秸秆腐解进程的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(6):1049-1053.
- [12] 杨佩珍,沈金川,张文献. 稻麦秸秆全量直接还田对产量及土壤理化性状的影响[J]. 上海农业学报,2003,19(1):53-57.
- [13] Singh G, Jalota S K, Singh Y. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 94(1): 229-238.