

文章编号:1000-8551(2020)08-1805-09

# 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦出苗和幼苗形态及生理特性的影响

张宸茜<sup>1</sup> 杭雅文<sup>1</sup> 李福建<sup>1</sup> 朱新开<sup>1,2,\*</sup> 李春燕<sup>1,2</sup>  
丁锦峰<sup>1,2</sup> 朱敏<sup>1,2</sup> 郭文善<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室/扬州大学小麦研究中心,江苏扬州 225009;

<sup>2</sup>扬州大学粮食作物现代产业技术协同创新中心,江苏扬州 225009)

**摘要:**为探究稻秸还田条件下培育小麦壮苗的技术措施,设计稻秸还田年数和氮肥运筹方式二因素试验,研究稻秸还田年数和氮肥运筹组合对小麦扬辐麦4号幼苗和相关生理特性的影响。结果表明,稻秸还田后小麦出苗率较不还田(CK)降低5.4~10.6个百分点(2017-2018,  $F=5.96^{**}$ )、4.9~8.6个百分点(2018-2019,  $F=15.79^{**}$ ),稻秸还田还影响小麦3叶期幼苗的正常生长,随着稻秸还田年数的增加不利影响有所减轻,但不能消除;稻秸还田年数及氮肥运筹对小麦6叶期幼苗质量有一定影响,稻秸还田减少小麦6叶期幼苗的叶面积指数(LAI)、单株分蘖数、苗高和单株干物重,抑制小麦正常生长,但随着还田年数的增加,不利影响逐渐减弱,还田年数最高处理的LAI、单株分蘖数、苗高和单株干物重较还田1a处理分别提高0.2~0.4、0.2~0.4、1.3~1.9 cm和26.3~55.6 mg/株;稻秸还田条件下,适量提高壮蘖肥的施用量能够提高小麦根系活力,增加叶片SPAD值,增加叶鞘、叶片中的可溶性糖含量,减少丙二醛(MDA)的累积,且随着还田年数增加,影响随之增强。稻秸还田4a以上,配以氮肥运筹模式(基肥:壮蘖肥:拔节肥:孕穗肥为5:2:2:1)的组合有利于培育壮苗。本研究为水稻秸秆还田提供了适宜的配套措施,以期实现壮苗高产。

**关键词:**小麦; 幼苗质量; 秸秆还田; 氮肥运筹

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.08.1805

秸秆是可为作物生长提供必需的氮、磷、钾、木质素和纤维素等养分的重要的可再生有机资源<sup>[1-4]</sup>。现阶段秸秆的利用途径包括秸秆还田、饲料、能源、工业原料和培育食用菌等<sup>[5]</sup>。秸秆直接还田能释放大量养分,改善土壤肥力和质量<sup>[6]</sup>,加强土壤微生物活性<sup>[6-8]</sup>;减少农田径流养分流失,从而提高作物产量<sup>[9-10]</sup>;为农作物提供良好的生长环境,促进农田生态系统内部的良性循环<sup>[4,11]</sup>。同时秸秆还田很大程度上减少了秸秆焚烧还田对农田生态系统碳循环造成的极大危害<sup>[12]</sup>,因而秸秆直接还田是秸秆资源利用最经济、便捷、高效的途径<sup>[13]</sup>。但现阶段秸秆直接还田后,尤其是稻秸直接还田后,土壤水分、温度等因素导致稻

秸不易腐解和再利用,而且会产生有毒有害物质,易造成病虫害发生加重、土壤孔隙度增加、水分分布不均、紧实度差、土壤碳氮比失调等问题<sup>[14-17]</sup>,影响后茬小麦的出苗率和出苗均匀性,从而影响作物产量。杨四军等<sup>[18]</sup>研究认为,稻秸还田1a显著降低了后茬小麦田间出苗率,导致出苗均匀性和苗情素质差,发生冻害后死苗严重,小麦减产。因此,需要通过不同措施的协同处理来减轻这种伤害。本试验在前人研究的基础上,通过研究定位条件下稻秸不同还田年数对扬辐麦4号小麦品种幼苗生长发育的影响及其在不同施肥运筹下的调控效应,以期为麦季稻秸还田提供适宜的配套措施,为稻秸还田的合理应用提供理论依据和技术

收稿日期:2019-04-10 接受日期:2019-08-27

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0200500),农业重大技术协同推广计划试点项目,江苏省科研院所农技推广服务试点项目(TG[17]007),江苏高校优势学科建设工程

作者简介:张宸茜,女,主要从事小麦栽培生理研究。E-mail:18052908058@163.com

\* 通讯作者:朱新开,男,教授,主要从事小麦栽培生理研究。E-mail:xkzhu@yzu.edu.cn

支持,实现壮苗高产。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与试验地概况

试验于 2017–2019 年在扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室试验场进行。试验田长期实行稻麦复种轮作,从 2009 年开始于麦季进行连续定点定位水稻秸还田、小麦秸秆不还田试验,逐年增加还田年数(2010 年缺)。试验田的土质为轻壤土,2017 年秋播时连续不还田处理土壤的养分含量为有机质 19.82  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 1.26  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效氮 87.01  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 96.45  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 84  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试品种为中筋春性小麦扬辐麦 4 号,由江苏里下河地区农业科学研究所提供。

### 1.2 试验设计

采用二因素裂区试验设计,以还田年数(S)为主区,进行长期定点定位稻秸还田处理,2017–2018 年设当季水稻全量还田 9 年(S9)、7 年(S7)、6 年(S6)、5 年(S5)、4 年(S4)、3 年(S3)、2 年(S2)、1 年(S1)和连续不还田(N,CK)9 个水平;2018–2019 年设当季水稻全量还田 10 年(S10)、8 年(S8)、7 年(S7)、6 年(S6)、5 年(S5)、4 年(S4)、3 年(S3)、2 年(S2)、1 年(S1)和连续不还田(N,CK)10 个水平;还田量为 9 000  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 左右,还田处理是在水稻收获后用机械将稻秸切碎成 10 cm 左右的短秆,称重后人工均匀铺撒在小区中,采用旋耕方式将秸秆混入土层中,施耕深度 15 cm 左右。稻秸中养分含量为 N 0.48%、P 0.17%、K 0.56%。不还田处理小区将稻秸移出小区,只留残茬。以氮肥运筹(N)为裂区,总施氮量为 240  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,按照基肥:壮蘖肥:拔节肥:孕穗肥比为 50%:10%:20%:20%(简记为 5:1:2:2,下同,N1)、5:2:2:1(N2)以及 5:3:2:0(N3)设 3 种水平;磷肥( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、钾肥( $\text{K}_2\text{O}$ )用量分别为 90、150  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,基肥和拔节肥各一半用量。其中基肥于播种前施用,壮蘖肥于 4 叶期施用,拔节肥于倒 3 叶期(叶龄余数 2.5)施用,孕穗肥于倒 1 叶期(叶龄余数 1.2~0.8)施用。施肥种类分别为尿素(N,46%)、氯化钾( $\text{K}_2\text{O}$ ,60%)和三元复合肥(N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 均为 15%)。2017 和 2018 年的播期均为 11 月 1 日,人工条播,基本苗定为 225 万 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 30 cm,小区面积 12.6  $\text{m}^2$ (3 m $\times$ 4.2 m),重复 2 次。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 出苗率 每米播种 135 粒小麦种子,播种后

15 d 调查小麦出苗数量,计算出苗率,出苗率=每米出苗数/135 $\times$ 100%,每小区调查 5 个 1 米长样段,取平均值。

1.3.2 幼苗形态质量 分别于小麦 3 叶期(施壮蘖肥前)、6 叶期(施壮蘖肥后过 2 叶),在每个小区连续取样 50 株,测量小麦苗高(分蘖节到叶尖的高度)、叶龄、分蘖数、地上部干物重。用 LI-3000C 叶面积扫描仪(LI-COR,美国)测定叶片总面积。叶面积指数(leaf area index,LAI)=绿叶总面积/土地面积。

1.3.3 幼苗生理活性 于小麦 6 叶期在每个小区连续取样 50 株,用 SPAD-502 型叶绿素计(KONICA MINOLTA,日本)测定 10 株第 5 片全展叶的 SPAD 值;采用 $\alpha$ -萘胺氧化法测定 10 株根系活力<sup>[19]</sup>;硫代巴比妥酸法测定 8 株第 5 片全展叶丙二醛(malondialdehyde,MDA)含量<sup>[20]</sup>;将剩余植株的叶鞘、叶片分开,采用蒽酮法测定其可溶性糖含量<sup>[21]</sup>。

### 1.4 统计分析

本试验所有数据均以 Excel 2010 处理和绘制图表,以 DPS 7.05 进行方差分析,采用 LSD 法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 稻秸还田年数对小麦出苗率的影响

由图 1 可知,当季稻秸还田会影响小麦出苗率,还田处理的出苗率较 CK 低 5.4~10.6(2017–2018,  $F=5.96^{**}$ )、4.9~8.6(2018–2019 年,  $F=15.79^{**}$ )个百分点,其影响程度会随还田年数增加有所减轻。总体而言,不同还田年数条件下当季稻秸还田的影响表现虽有不同,但差异较小。说明当季稻秸还田后,对小麦出苗均会产生负面影响,长期还田后虽改善了地力水平,但并不能从根本上消除这种影响。

### 2.2 稻秸还田年数对小麦幼苗质量的影响

2.2.1 对小麦 3 叶期幼苗质量的影响 由表 1 可知,稻秸还田对小麦叶龄影响不大,处理间差异较小。与 CK 相比,S1 的小麦 3 叶期幼苗苗高有所降低,还田 3 a 以上处理的苗高多呈增加趋势,其中以 S9(2017–2018)以及 S8、S10(2018–2019)小麦 3 叶期幼苗苗高最高。稻秸还田对小麦 3 叶期幼苗第 2 叶叶面积影响不同,两年度 S1 的小麦 3 叶期幼苗第 2 叶叶面积分别较 CK 减少 6.7%、10.2%,不同还田年数处理间的单株干物重变动在 38.9~48.6、42.5~44.7  $\text{mg}/\text{株}$ 之间,且 S1~S3 单株干物重均低于 CK。

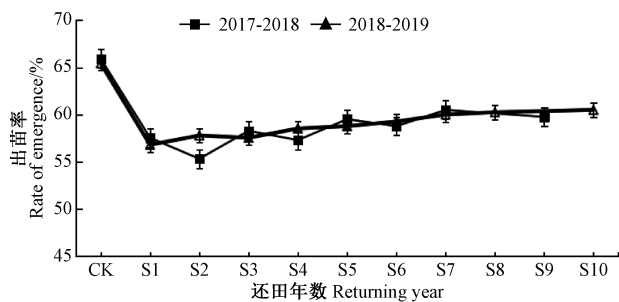
表 1 稻秸还田年数对小麦 3 叶期幼苗质量的影响

Table 1 Effects of rice straw returning years on seedling quality of wheat at 3-leaf stage

处理 Treatments	叶龄 Leaf age		苗高 Seedling height/cm		第 2 叶叶面积 Second leaf area/cm <sup>2</sup>		干物重 Dry matter/(mg/株)	
	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019
	CK	2.5cd	2.5cde	17.6d	16.6c	4.5bcd	4.9abc	41.4cde
S1	2.4d	2.4f	16.9e	15.1d	4.2e	4.4d	38.9e	42.6bc
S2	2.4d	2.4ef	17.7cd	15.1d	4.3de	4.6cd	39.1de	42.5c
S3	2.4d	2.4def	17.8bcd	16.7c	4.2e	4.8bcd	40.2de	42.7bc
S4	2.5bc	2.5bcd	18.3ab	16.9bc	5.1a	4.9abc	48.6a	43.7abc
S5	2.5a	2.5abc	17.9bcd	16.8bc	4.5bc	5.1ab	44.0bc	44.3a
S6	2.5ab	2.5ab	17.7cd	17.7ab	4.4cde	4.9abcd	42.5bcd	43.9ab
S7	2.5ab	2.5a	18.2abc	17.3abc	4.6b	5.1ab	44.5bc	44.4a
S8	-	2.5ab	-	17.8a	-	5.3a	-	44.6a
S9	2.5bc	-	18.8a	-	4.6b	-	45.7ab	-
S10	-	2.5a	-	17.8a	-	5.3ab	-	44.7a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among treatments at 0.05 level. The same as following.



注:测定的小区均采用 N1 氮肥运筹。

Note: N1 nitrogen fertilizer management was used in the plots.

图 1 稻秸还田年数对小麦出苗率的影响

Fig.1 Effect of rice straw returning years on wheat emergence rate

2.2.2 对小麦 6 叶期幼苗质量的影响 由表 2 可知,氮肥运筹为 N1 时,各还田处理小麦 6 叶期幼苗 LAI 分别在 1.2~1.6 和 0.9~1.1 之间,还田 4 a 及以上处理小麦 6 叶期幼苗 LAI 均高于 CK。两年度试验小麦 6 叶期幼苗的单株分蘖数均以 CK、S9、S10 较高,其中 S1~S4 的分蘖数均小于 CK。两年度小麦 6 叶期幼苗苗高分别在 19.4~20.7 和 20.3~22.2 cm 之间,还田年数较长的处理苗高整体较还田年数较短的处理高,但各处理间差异较小。与 CK 相比,还田年数较少时,小麦 6 叶期幼苗单株干物重有所降低,但其干物重随还田年数增加有增加的趋势,至还田 5~6 a 后普遍高于 CK。

结果表明,3 种氮肥运筹中不同稻秸还田年数对小麦 6 叶期幼苗质量影响的趋势基本一致,其中 N2

小麦 6 叶期幼苗的 LAI、分蘖数、苗高、单株干物重整体大于 N1 和 N3。

综合来看,稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦 6 叶期苗体质量均有影响,稻秸还田年数对小麦 6 叶期幼苗 LAI 有显著影响,与 CK 相比,稻秸还田减少了小麦 6 叶期幼苗的单株分蘖数、苗高和单株干物重,影响小麦的正常生长,随着稻秸还田年数的增加,不利影响逐渐降低;且适当提高壮蘖肥施用比例,能减轻稻秸还田带来的不利影响,改善幼苗质量。

### 2.3 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦 6 叶期幼苗生理特性的影响

2.3.1 对叶片 SPAD 值的影响 由图 2 可知,氮肥运筹为 N1 时,与 CK 相比,稻秸还田年数对小麦幼苗叶片 SPAD 值有影响,S1~S3 小麦幼苗叶片 SPAD 值均低于 CK,还田年数较长的处理叶片 SPAD 值整体高于还田年数和较短的处理。

氮肥运筹对小麦幼苗叶片 SPAD 值也有一定影响,N2 和 N3 的稻秸还田年数对 SPAD 值的影响规律与 N1 表现基本一致。不同氮肥运筹小麦幼苗叶片 SPAD 值整体表现为 N3>N2>N1,同样表明在稻秸还田条件下,适量提高壮蘖肥的施用比例能够提高小麦幼苗叶片 SPAD 值,有利于小麦幼苗的生长。

2.3.2 对根系活力的影响 由图 3 可知,氮肥运筹为 N1 时,稻秸还田能增加小麦幼苗的根系活力,且随着稻秸还田年数的增加呈升高趋势,两年度试验结果较为接近。

表 2 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦 6 叶期幼苗质量的影响

Table 2 Effect of rice straw returning years and nitrogen application on seedling quality of wheat at 6-leaf stage

氮肥运筹 Nitrogen fertilizer management	处理 Treatments	叶面积指数 LAI		单株分蘖数 Number of tillers per plant		苗高 Seedling height/cm		干物质 Dry matter/(mg/株)	
		2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019
		N1	CK	1.4	1.0	3.1	2.0	20.5	21.5
	S1	1.2	0.9	2.7	1.8	19.4	20.3	343.0	230.8
	S2	1.3	0.9	2.8	1.8	19.6	20.8	347.8	239.0
	S3	1.4	1.0	2.8	1.9	19.6	20.9	362.5	246.3
	S4	1.4	1.1	2.9	2.0	20.1	21.2	361.9	245.4
	S5	1.5	1.0	2.9	2.0	19.8	21.5	368.9	248.3
	S6	1.5	1.1	3.0	2.0	20.4	21.9	371.1	254.5
	S7	1.5	1.1	2.9	2.0	20.6	22.1	379.9	256.2
	S8	-	1.1	-	2.1	-	22.2	-	257.9
	S9	1.6	-	3.1	-	20.7	-	398.6	-
	S10	-	1.1	-	2.2	-	22.0	-	258.5
N2	CK	1.4	1.1	3.2	2.1	20.7	22.2	386.5	256.0
	S1	1.3	0.9	2.8	1.9	18.7	20.8	351.8	237.0
	S2	1.3	1.0	2.8	1.9	19.1	21.1	351.1	241.8
	S3	1.4	1.0	2.9	1.9	20.4	21.6	364.3	247.8
	S4	1.4	1.1	3.0	2.1	19.9	22.2	373.9	257.5
	S5	1.5	1.1	2.9	2.1	21.0	21.9	371.0	254.3
	S6	1.5	1.1	3.0	2.1	20.6	22.4	388.6	263.0
	S7	1.6	1.1	3.1	2.1	21.0	22.7	386.1	264.0
	S8	-	1.2	-	2.2	-	22.1	-	260.8
	S9	1.6	-	3.1	-	20.5	-	400.5	-
	S10	-	1.2	-	2.2	-	22.3	-	263.3
N3	CK	1.4	1.1	3.1	2.0	20.6	21.6	390.7	247.8
	S1	1.3	0.9	2.8	1.8	19.2	20.7	350.3	235.5
	S2	1.3	1.0	2.9	1.9	19.5	20.2	344.4	230.8
	S3	1.4	1.0	2.9	1.9	19.5	20.5	350.1	236.2
	S4	1.5	1.1	2.9	2.0	20.0	21.7	357.1	252.7
	S5	1.5	1.1	2.9	2.0	20.5	21.9	392.3	253.5
	S6	1.5	1.1	3.0	2.1	20.4	22.1	388.2	258.0
	S7	1.6	1.1	3.0	2.1	20.6	22.3	376.8	262.5
	S8	-	1.1	-	2.1	-	22.0	-	259.8
	S9	1.6	-	3.0	-	20.7	-	392.7	-
	S10	-	1.1	-	2.2	-	22.6	-	263.5
<i>F</i> 值	还田年数(S)	8.72**	3.40*	0.91	4.14**	1.85	6.10**	1.96	5.74**
<i>F</i> value	氮肥运筹(N)	0.80	0.13	1.77	0.05	1.06	0.15	1.31	0.03
	S×N	1.08	2.77**	1.60	0.61	4.36**	1.85	7.19**	0.55

注: \* 和 \*\* 分别表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )和极显著( $P < 0.01$ )。下同。

Note: \* and \*\* indicate significant difference among different treatments at 0.05 and 0.01 level, respectively. The same as following.

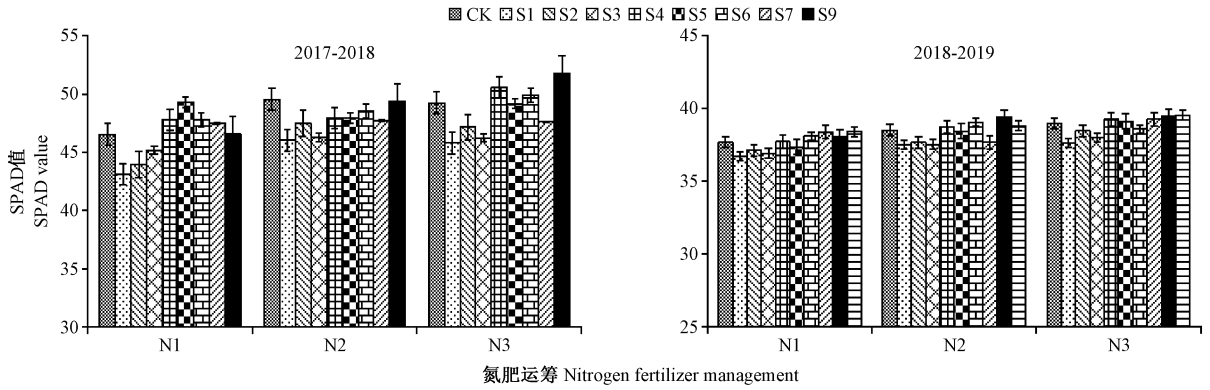


图 2 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦幼苗叶片 SPAD 值的影响

Fig.2 Effect of rice straw returning years and nitrogen application on SPAD value of wheat seedling leaf

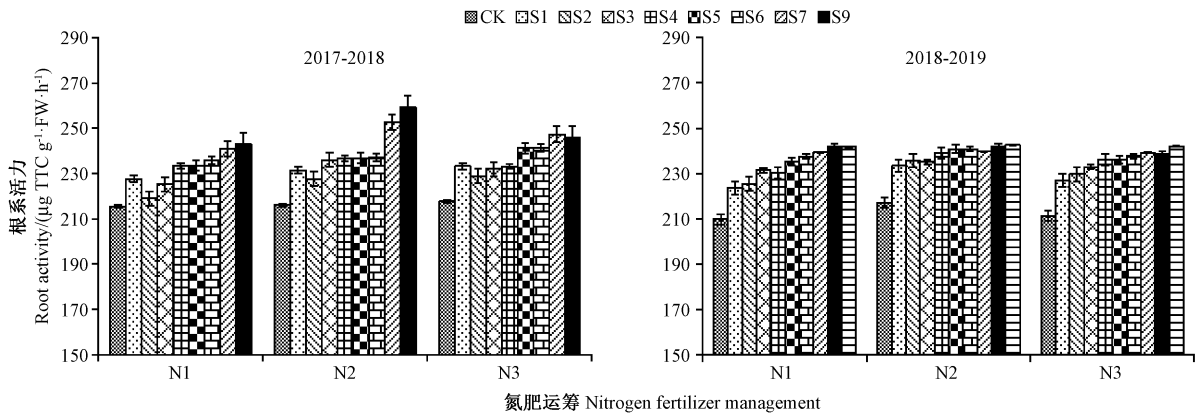


图 3 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦幼苗根系活力的影响

Fig.3 Effect of rice straw returning years and nitrogen fertilizer application on root activity of wheat seedling

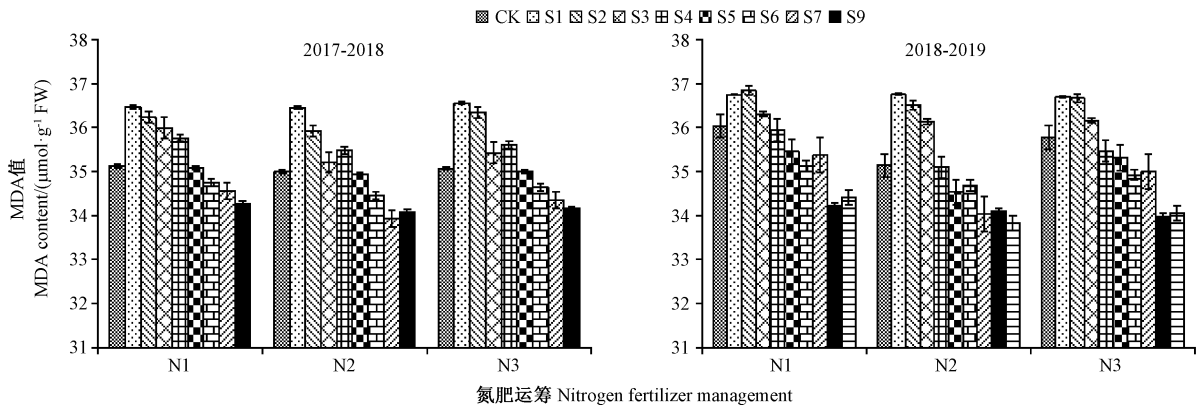


图 4 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦幼苗叶片 MDA 含量的影响

Fig.4 Effect of rice straw returning years and nitrogen application on MDA content in wheat seedling leaf

氮肥运筹对小麦幼苗根系活力也有一定的调节作用,氮肥运筹为 N2 和 N3 时,稻秸还田年数对根系活力的影响规律与 N1 基本一致,不同氮肥运筹小麦幼苗根系活力整体表现为  $N2 > N3 > N1$ ,表明适宜的氮肥配比能够减轻稻秸还田腐解对小麦幼苗生长的不利影

响。

2.3.3 对叶片丙二醛(MDA)含量的影响 由图 4 可知,氮肥运筹为 N1 时,与 CK 相比,S1~S3 增加了小麦幼苗叶片的 MDA 含量,且随着还田年数的增加,稻秸还田的不利影响逐渐减小,小麦幼苗叶片 MDA 含量

逐渐降低,至还田4~5 a后这种不利影响基本消除。

氮肥运筹对小麦幼苗叶片MDA含量也有一定的影响,氮肥运筹为N2和N3时,稻秸还田年数对MDA含量的影响规律与N1表现基本一致,其中N2小麦幼苗叶片MDA含量低于N1和N3。

2.3.4 对可溶性糖含量的影响 由图5和图6可知,稻秸还田年数对小麦幼苗叶鞘及叶片的可溶性糖含量均有一定影响。两年度试验结果表明,氮肥运筹为N1

时,与CK相比,S1~S3减少了小麦幼苗叶鞘和叶片的可溶性糖含量,但随着稻秸还田年数的增加,叶鞘和叶片的可溶性糖积累量均呈增加趋势。

氮肥运筹对小麦幼苗叶鞘及叶片的可溶性糖含量也有一定调节作用,氮肥运筹为N2和N3时稻秸还田年数对可溶性糖含量的影响规律与N1表现基本一致,其中N2小麦幼苗叶鞘和叶片的可溶性糖含量整体均高于N1和N3。

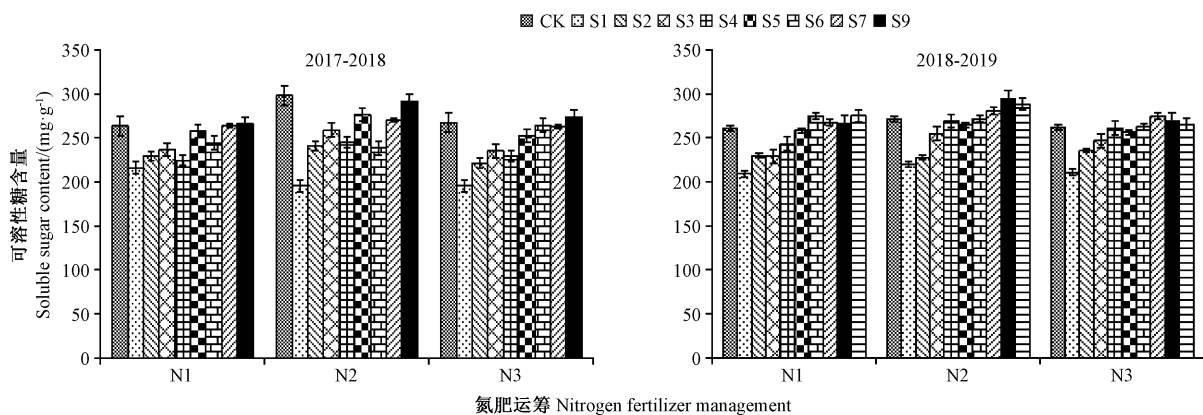


图5 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦幼苗叶鞘可溶性糖含量的影响

Fig.5 Effect of rice straw returning years and nitrogen application on soluble sugar content in wheat seedling leaf sheath

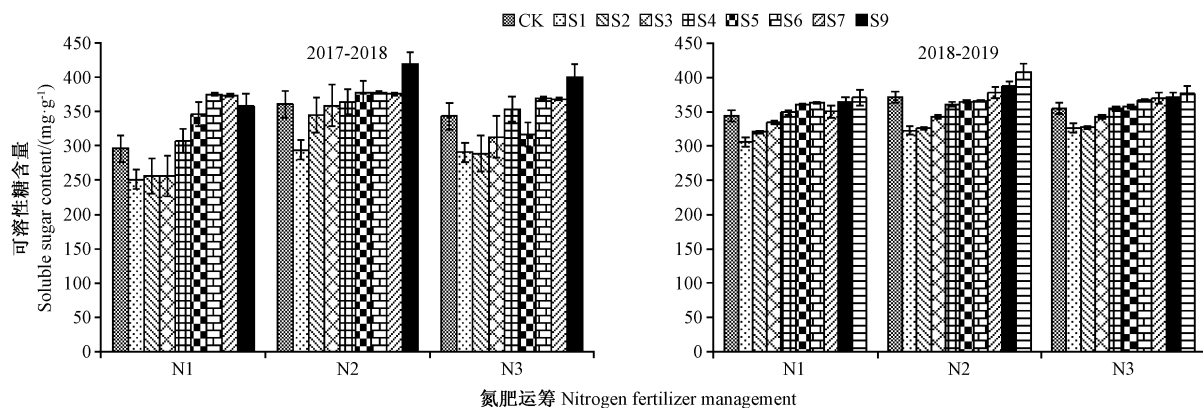


图6 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦幼苗叶片可溶性糖含量的影响

Fig.6 Effect of rice straw returning years and nitrogen application on soluble sugar content in wheat seedling leaf

### 3 讨论

#### 3.1 稻秸还田年数对小麦出苗与幼苗生长的影响

有关稻秸还田对小麦出苗的影响,有研究认为当年稻秸还田显著降低小麦出苗率,抑制了分蘖的发生<sup>[22]</sup>;稻秸还田1 a后各处理出苗率和出苗均匀性亦呈下降趋势<sup>[23-24]</sup>。本研究表明,与CK相比,稻秸还田均会降低小麦出苗率,但这种变化会随还田年数的增加有所减弱,说明还田年数增加能在一定程度上改善

出苗情况。这可能与稻秸还田后对土壤的影响有关,小麦苗期时,稻秸未大量腐解,土壤孔隙度不均,土壤水分分布不均匀,小麦种子与土壤结合不紧密,从而影响了小麦出苗率,长期还田能不断改善土壤性状,有利于创造小麦萌发出苗的基础条件,减轻稻秸还田对萌发出苗的影响,但仍不能完全消除这种影响,因此在稻秸还田条件下,需要通过合理增加播种量来确保实现足够的基本苗数。

前人研究认为,玉米秸秆粉碎不充分、土壤耕翻过浅,均会致使秸秆与土壤混合不均匀,造成麦苗吸水不

足,导致成块缺苗或出现麦苗瘦弱、黄化的现象<sup>[25]</sup>;玉米秸秆还田 1 a 影响了小麦的早期生长发育,还田后小麦苗期长势较弱,苗体质量较差<sup>[26]</sup>。豆利岭<sup>[27]</sup>研究发现稻秸还田处理小麦苗期的株高、干重降低,不同还田方式处理小麦苗期的平均分蘖数与对照相比均有不同程度的减少。本试验则认为,稻秸还田会减少小麦 6 叶期幼苗的 LAI、单株分蘖数、苗高和单株干物重,小麦生长受到影响,但这种不利影响随还田年数增加呈减弱趋势,还田 5~6 a 后这种不利影响基本消除。说明当季稻秸还田对小麦幼苗造成的不利影响可能是由于还田后麦苗根系容易扎到秸秆中,根系悬空,出现烧根的情况导致苗黄、苗弱,同时还田后土壤碳氮比增高导致小麦与土壤微生物争氮的现象不利于幼苗生长。因此在生产中应确定合理的施氮比例,并坚持长期稻秸还田,通过提升土壤肥力和供应合理养分来减轻负面影响,促进小麦幼苗生长发育。

### 3.2 稻秸还田年数和氮肥运筹对小麦苗期生理特性影响

SPAD 值可以直接反映叶绿素含量的变化趋势,叶绿素含量直观体现了小麦光合效率以及小麦功能叶活性的大小<sup>[28]</sup>。邹兵<sup>[29]</sup>研究表明,在耕作方式一致情况下,玉米秸秆还田 1 a 较不还田的 SPAD 值高。本试验结果表明,稻秸还田年数对小麦幼苗叶片 SPAD 值有影响,S1~S3 小麦幼苗叶片的 SPAD 值均低于 CK,但随着还田年数增加,SPAD 值有升高趋势,且适量提高壮蘖肥的施用比例能提高小麦幼苗叶片 SPAD 值,这与前人研究结果不同,可能与选用的试验品种、还田年数、肥料运筹比例等不同有关。

徐国伟等<sup>[30]</sup>研究表明,麦秸还田 1 a 提高了水稻泌物中根系分泌物有机酸总量及氨基酸含量,促进水稻根系活力增长。张琛<sup>[23]</sup>研究表明,稻秸还田 1 a 能增加后期小麦根系活力,起到延缓根系衰老的作用。本试验结果表明,采用 240 kg·hm<sup>-2</sup>施氮量,氮肥运筹为 N2 时,能增加小麦苗期的根系活力;且随着还田年数的增加,根系活力也呈升高趋势。这可能与长期稻秸还田可以通过改善土壤肥力与质量,增强土壤养分有效性,进而促进小麦根系生长有关,同样说明生产中应坚持长期稻秸还田。

黄金瓚<sup>[31]</sup>研究表明,与不还田处理相比,稻秸还田 1 a 增加了小麦各器官可溶性糖含量。而薛亚光等<sup>[32]</sup>研究表明,低温胁迫下,与不还田处理相比,稻秸覆盖还田和浅旋还田 1 a 均显著增加了小麦苗期叶片的 MDA 含量,减少了可溶性糖含量。本试验结果与之相似,稻秸还田增加了小麦 6 叶期幼苗叶片 MDA 含

量,降低了小麦 6 叶期幼苗叶鞘和叶片的可溶性糖积累量,但这种不利影响会随着还田年数的增加而减弱,还田 4~5 a 后这种不利影响基本消除。说明长期稻秸还田有利于降低小麦幼苗叶片 MDA 含量,减轻膜脂过氧化程度,增加可溶性糖含量,提高抗逆性。

## 4 结论

稻秸还田后,小麦出苗率较 CK 显著降低,小麦幼苗质量下降,随着稻秸还田年数增加,这种不利影响逐渐减弱。稻秸还田 4 a 以上,N2 氮肥运筹组合模式可以在一定程度上增强麦苗的根系活力,提高麦苗叶片的 SPAD 值,提高了叶鞘和叶片的可溶性糖积累量,降低麦苗叶片的 MDA 含量,有利于培育壮苗。本研究认为坚持长期稻秸还田配以适宜的氮肥运筹模式(基肥:壮蘖肥:拔节肥:孕穗肥为 5:2:2:1)可以在一定程度上减轻稻秸还田对麦苗生长发育产生的负面影响,有利于改善稻秸还田条件下的幼苗生长情况,为稻茬小麦培育壮苗、提升产量奠定基础。但如何进一步提高稻秸还田条件下小麦生育前期抗逆性尚需要进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 张维乐,戴志刚,任涛,周先竹,王忠良,李小坤,丛日环.不同水旱轮作体系秸秆还田与氮肥运筹对作物产量及养分吸收利用的影响[J].中国农业科学,2016,49(7):1254-1266
- [2] 黄婷苗,郑险峰,侯仰毅,李晓,王朝辉.秸秆还田对冬小麦产量和氮、磷、钾吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(4):853-863
- [3] 成臣,汪建军,程慧煌,罗亢,曾勇军,石庆华,商庆银.秸秆还田与耕作方式对双季稻产量及土壤肥力质量的影响[J].土壤学报,2018,55(1):247-257
- [4] 龚静静,胡宏祥,朱昌雄,汤咪咪,夏星.秸秆还田对农田生态环境的影响综述[J].江苏农业科学,2018,46(23):36-40
- [5] 赵秀玲,任永祥,赵鑫,濮超,张向前,张海林.华北平原秸秆还田生态效应研究进展[J].作物杂志,2017(1):1-7
- [6] 高丽秀,李俊华,张宏,罗彤,李博,苏继霞,何凯.秸秆还田对滴灌春小麦产量和土壤肥力的影响[J].土壤通报,2015,46(5):1155-1160
- [7] 冀保毅,赵亚丽,郭海斌,李传保,穆心愿,李潮海.深耕条件下秸秆还田对不同质地土壤肥力的影响[J].玉米科学,2015,23(4):104-109,116
- [8] 李晓莎,武宁,刘玲,冯宇鹏,徐旭,韩惠芳,宁堂原,李增嘉.不同秸秆还田和耕作方式对夏玉米农田土壤呼吸及微生物活性的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1765-1771
- [9] 朱利群,夏小江,胡清宇,胡乃娟,张政文,卞新民.不同耕作方式与秸秆还田对稻田氮磷养分径流流失的影响[J].水土保持学报,2012,26(6):6-10

- [10] 周怀平, 解文艳, 关春林, 杨振兴, 李红梅. 长期秸秆还田对旱地玉米产量、效益及水分利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 321-330
- [11] Witt C, Cassman K G, Olk D C, Biker U, Liboon S P, Samson M I, Ottow J C G. Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems[J]. Plant and Soil, 2000, 225(2): 263-278
- [12] Feng W, Zhang L Q, He L J, Pang L W, Guo S Z. A mode research of straw recycling based on circular agriculture theory [J]. Agricultural Science and Technology, 2011, 12(12): 1921-1924
- [13] Rodrigues A C, Felby C, Gama M. Cellulase stability, adsorption/desorption profiles and recycling during successive cycles of hydrolysis and fermentation of wheat straw [J]. Bioresource Technology, 2014, 156: 163-169
- [14] 陈春兰, 侯海军, 秦红灵, 王聪, 沈健林, 魏文学. 南方双季稻区生物质炭还田模式生态效益评价[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(1): 80-91
- [15] Ning T Y, Han B, Jiao N Y, Tian S Z, Li Z J. Effects of conservation tillage on soil porosity in maize-wheat cropping system [J]. Plant Soil and Environment, 2009, 55(8): 327-333
- [16] Zhang P, Wei T, Jia Z K, Han Q F, Ren X L. Soil aggregate and crop yield changes with different rates of straw incorporation in semiarid areas of northwest China[J]. Geoderma, 2014, 230-231: 41-49
- [17] 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
- [18] 杨四军, 顾克军, 张恒敢, 张斯梅, 张传辉. 影响稻茬麦出苗的关键因子与应对措施[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 89-91
- [19] 张志良, 霍伟箴. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 36-38, 127-128
- [20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [21] 刘萍, 李明军. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 科技出版社, 2007: 86-88
- [22] 顾克军, 张斯梅, 顾东祥, 张传辉, 石祖梁, 许博, 杨四军. 稻秸还田与播后镇压对稻茬小麦产量与品质的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2192-2197
- [23] 张琛. 稻草还田对小麦抗性生理、出苗及产量的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2013
- [24] 李朝芬, 汤永禄, 吴春, 吴晓丽, 黄钢. 稻草还田方式及还田量对稻茬小麦播种立苗质量和产量建成的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(3): 996-1002
- [25] 董印丽, 李振峰, 王若伦, 卜学平, 付建敏, 董秀秀. 华北地区小麦、玉米两季秸秆还田存在问题及对策研究[J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 159-163
- [26] 陈小文, 祁鑫, 王海永, 郭玉海, 董学会. Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 993-998
- [27] 豆利岭. 稻秸还田对小麦苗期生长的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016
- [28] 薛香, 吴玉娥. 小麦叶片叶绿素含量测定及其与 SPAD 值的关系[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(11): 2701-2702, 2751
- [29] 邹兵. 耕播方式及秸秆还田对皖麦 68 群体质量及产量的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2011
- [30] 徐国伟, 李帅, 赵永芳, 陈明灿, 李友军. 秸秆还田与施氮对水稻根系分泌物及氮素利用的影响研究[J]. 草业学报, 2014, 23(2): 140-146
- [31] 黄金瓚. 氮肥和播期播量及秸秆还田对小麦籽粒产量和品质形成的影响及其生理机制[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [32] 薛亚光, 石吕, 魏亚凤, 李波, 刘建. 稻秸全量还田方式下小麦苗期低温的生理响应及其抗寒性分析[J]. 南方农业学报, 2018, 49(9): 1722-1728



# Effects of Rice Straw Returning and Nitrogen Fertilizer on Seedling Emergence and Morphological and Physiological Characteristics of Wheat

ZHANG Chenxi<sup>1</sup> HANG Yawen<sup>1</sup> LI Fujian<sup>1</sup> ZHU Xinkai<sup>1,2,\*</sup> LI Chunyan<sup>1,2</sup>  
DING Jinfeng<sup>1,2</sup> ZHU Min<sup>1,2</sup> GUO Wenshan<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province/Wheat Research Center, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009; <sup>2</sup>Co-Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

**Abstract:** In order to study the ways of cultivating strong seedlings of wheat under the condition of rice straw returning, Yangfumai 4 was selected as the experimental material, and the years of rice straw returning and the methods of nitrogen fertilizer management were designed to study their effects on the quality and related physiological characteristics of wheat seedlings. The results showed that the emergence rate of wheat seedlings in the rice straw returning treatment was lower than that of no straw returning treatment by 5.4~10.6 percentage points (2017–2018,  $F=5.964^{**}$ ) and 4.9~8.6 percentage points (2018–2019,  $F=15.79^{**}$ ). Rice straw returning also had an effect on the growth of three-leaf stage wheat seedlings. The effects decreased slightly with the extension of rice straw returning years, but could not be completely eliminated. Rice straw returning lasting for different years and nitrogen fertilizer management had an impact on the quality of six-leaf stage wheat seedlings. Rice straw returning reduced the LAI value, the number of tillers, seedling height, and dry matter weight per plant of wheat seedlings at 6-leaf stage, in addition to affect the growth of wheat. However, with the years of straw returning increasing, the adverse influence on wheat seedling growth gradually decreased. The LAI value, the number of tillers, seedling height and dry matter weight per plant of wheat seedlings in the highest returning year treatment were 0.2~0.4, 0.2~0.4, 1.3~1.9 cm and 26.3~55.6 mg higher than those in the lowest returning year treatment, respectively. Under the condition of rice straw returning, appropriately increasing the application amount of strong fertilizer could increase the root activity of wheat, the chlorophyll content of leaves, the soluble sugar contents in leaf sheaths and leaves, and reduce the accumulation of MDA, which was beneficial to the growth of wheat seedlings, which was enhanced with the increasing years of straw returning. Rice straw returning for over four years, combined with nitrogen application mode (the ratio 5:2:2:1 of base fertilizer, strong tiller fertilizer, jointing fertilizer and booting fertilizer), was conducive to the cultivation of strong seedlings. The results of the study provide appropriate measures for rice-straw returning, so as to achieve strong seedlings and high yield.

**Keywords:** wheat, seedling quality, straw returning, nitrogen fertilizer management