

氮肥与作物秸秆配施对小麦生长及氮素利用的影响

张 袁,马乐乐,赵 伟,周建斌*

(西北农林科技大学资源环境学院/农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过盆栽试验研究了氮肥及其与不同作物秸秆配施对冬小麦生物量、籽粒产量以及氮素吸收利用的影响。本试验共 8 个处理,不施肥对照(CK)、单施尿素(100% U, 150 mg·kg⁻¹)、尿素 + 大豆秸秆(UB)、尿素 + 玉米秸秆(UM)、120% 尿素 + 玉米秸秆(120% UM)、110% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆(110% UBM)、100% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆(100% UBM)和 80% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆(80% UBM),其中玉米秸秆及大豆秸秆的用量均为 2 g·kg⁻¹。结果表明,在返青期,U 处理小麦生物量显著高于尿素与秸秆配施各处理。收获期,尿素用量相同的处理相比,秸秆与尿素配施处理的小麦生物量均高于 U 处理,但差异均未达显著水平;UM 和 UBM 处理小麦籽粒产量均显著高于 U 处理;降低氮肥用量(80% UBM)小麦籽粒产量与 U 处理相比,无显著差异;尿素与一种秸秆配施处理小麦氮素利用率均高于单施尿素处理和尿素与两种秸秆配施处理。说明尿素配施秸秆有利于提高小麦生物量、籽粒产量和氮素利用率。

关键词: 氮肥;玉米秸秆;大豆秸秆;小麦生物量;小麦产量;氮素利用率

中图分类号: S143.1;S512.1⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0095-04

Effects of nitrogen fertilizer and its combination with different crop straws on growth and nitrogen utilization of wheat

ZHANG Yuan, MA Le-le, ZHAO Wei, ZHOU Jian-bin*

(College of Resources and Environment Sciences, Northwest A & F University/Key Laboratory of Plant and the Agri-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The influences of N fertilizer and its combination with different crop straws on the biomass, grain yield and nitrogen uptake of winter-wheat were researched with pot experiment. There were eight treatments in the study: no fertilizer (CK), urea (U, 150 mg·kg⁻¹ soil), urea + soybean straw (UB), urea + maize straw (UM), 120% urea + maize straw (120% UM), 110% urea + soybean straw + maize straw (110% UBM), 100% urea + soybean straw + maize straw (100% UBM) and 80% urea + soybean straw + maize straw (80% UBM), in which the application rates of soybean straw and maize straw were equally 2 g·kg⁻¹ soil. The results showed that, at returning green stage, the wheat biomass in the U treatment was significantly higher than that in the treatments of urea combined with different straws; at harvest stage, the wheat biomass in the treatments of urea combined with different straws was higher than that in the urea treatments with the same application rate, however, the difference was not significant. The grain yield in both the UM treatment and UBM treatment was higher than that in the U treatment. There was no significant difference of grain yield between the 80% UBM treatment and U treatment. The nitrogen use efficiency in the treatments of urea combined with single straw was generally higher than that in the treatments of urea or urea combined with double straws. It was concluded that the application of urea combined with straw could increase the biomass and grain yield of wheat as well as the nitrogen use efficiency.

Keywords: nitrogen fertilizer; maize straw; soybean straw; biomass of wheat; grain yield of wheat; nitrogen use efficiency

收稿日期:2013-05-16
基金项目:国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD15B04);国家自然科学基金(40571087)
作者简介:张 袁(1986—),女,吉林长春人,硕士研究生,主要从事植物氮素营养研究。E-mail: yuan1986_2006@126.com。
* 通信作者:周建斌(1964—)男,教授,博士生导师,主要从事植物营养与旱地水肥调控研究。E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn。

施用氮肥是促进作物生长、保证世界粮食安全的主要手段。一些研究表明,如停止施用氮肥,全世界的农作物产量将减少 40% ~ 50%^[1]。但随着氮肥用量的增加,不合理施用带来的氮肥利用率较低、资源浪费、环境污染严重的问题越来越突出^[2-4]。因此,如何合理施用氮肥,以达到作物高产及最大限度地减少氮素损失的目的,是值得研究的重要问题。

氮肥与秸秆配合施用,具有培肥地力、提高农田养分的循环利用效率等作用^[5-7]。但由于秸秆 C/N 高,还田后容易导致氮素固持,在一定程度上影响作物氮素吸收。再加上实际操作困难等方面的原因,我国秸秆还田的比例仍然不高。据统计,2006 年我国秸秆还田的比例约为 24%^[8]。秸秆焚烧在一些地方仍然比较普遍,这不仅白白浪费掉了大量的生物资源,也由于焚烧产生大量的烟雾、烟尘等污染物质,使局部大气环境质量恶化;并且焚烧秸秆密集的季节产生的大量烟雾影响交通安全,其存在的火灾隐患影响生产和公共设施的安全^[9-10]。因此,如何充分利用这些资源与氮肥配合施用,以达到提高经济效益、减少环境污染是农业研究的一个重要方向。

间作套种是我国传统的种植方式,其中玉米套种大豆的种植方式是我国北方特别是西北干旱半干旱地区应用较为常见的套种方式^[11-12]。在这一栽培模式下玉米、大豆秸秆会同时还田,因此,研究玉米及大豆秸秆配施无机肥料对小麦生长及其氮素利用的影响具有重要的意义。所以本研究利用盆栽试验来研究不同比例玉米秸秆与大豆秸秆配施对小麦生长状况的影响,以期对氮素养分管理及作物秸秆资源的充分利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

盆栽试验在西北农林科技大学资源环境学院网室内进行。供试土壤于 2011 年 10 月采自西北农林科技大学农作一站耕层土壤,土样采回后去除可见植物残留物、风干,过 5 mm 筛。供试土壤为瘠土,系统分类为土垫旱耕人为土。其基本理化性状为:有机碳 8.21 g·kg⁻¹,全氮 1.01 g·kg⁻¹,矿质态氮 11.01 mg·kg⁻¹,速效磷 9.29 mg·kg⁻¹,速效钾 171.7 mg·kg⁻¹。

供试有机物料采自试验站附近农田,包括大豆秸秆(B)和玉米秸秆(M),将秸秆烘干后粉碎过 1 mm 筛,备用。大豆秸秆有机碳及全氮含量分别为 375.1 g·kg⁻¹及 25.7 g·kg⁻¹,C/N 为 14.5;玉米秸秆有机碳及全氮含量分别为 430.0 g·kg⁻¹及 9.8 g·kg⁻¹,C/N 为 44。

供试小麦品种为小偃 22。

1.2 试验设计

试验研究因素包括氮肥、玉米及大豆秸秆,共设 8 个处理。各处理氮肥施用尿素(U),用量见表 1,磷、钾肥用量相同,每盆施用磷酸二氢钾(KH₂PO₄) 290 mg 和氯化钾(KCl)85 mg(P₂O₅ 0.1 g·kg 土⁻¹, K₂O 0.1 g·kg 土⁻¹)。每盆秸秆施用量为 2 g·kg 土⁻¹。称土 1.5 kg,加入全部相应无机肥料及秸秆后充分混匀,装入 20 cm × 15 cm 塑料盆中,加水使土壤的含水量保持在 18%,小麦生长期间用称重法补水。于 2011 年 10 月 28 日播种小麦,每盆播 13 株,等出苗后,间苗至 11 株。重复 5 次。

表 1 试验方案
Table 1 Experiment design

处理 Treatment	处理代号 Treatment code	尿素 Urea /(mg·kg ⁻¹)	玉米秸秆 Maize straw /(g·kg ⁻¹)	大豆秸秆 Soybean straw /(g·kg ⁻¹)
不施肥对照 No fertilizer	CK	0	0	0
单施尿素 Urea	U	150	0	0
尿素 + 大豆秸秆 Urea + soybean straw	UB	150	0	2
尿素 + 玉米秸秆 Urea + maize straw	UM	150	2	0
120% 尿素 + 玉米秸秆 120% urea + maize straw	120% UM	180	2	0
110% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆 110% urea + soybean straw + maize straw	110% UBM	165	2	2
100% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆 100% urea + soybean straw + maize straw	100% UBM	150	2	2
80% 尿素 + 大豆秸秆 + 玉米秸秆 80% urea + soybean straw + maize straw	80% UBM	120	2	2

1.3 样品采集及分析方法

于小麦返青期(2011 年 3 月 13 日)采集 6 株小

麦地上部植株样品,测定其干重及养分含量;小麦收获时(2012 年 5 月 23 日)采集小麦整株样品,按根

系、茎秆和籽粒三部分分开,半微量开氏法测定其全氮含量。采用 Excel 和 SAS 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对冬小麦生物量的影响

由图 1(A)可以看出,在返青期,单施尿素处理(U)小麦生物量显著高于尿素与秸秆配施各处理,说明秸秆和尿素配施的处理影响了小麦前期的生长,这与施用 C/N 高的秸秆后导致氮肥发生固持有

关;各尿素与秸秆配施处理间小麦生物量无显著差异,都显著高于对照处理($P < 0.05$)。

由图 1(B)可以看出,小麦收获期施用尿素水平相同的各处理相比较,秸秆与尿素配施处理均显著高于单施尿素(U)处理,说明尿素配施秸秆有利于提高小麦生物量。玉米和大豆秸秆配施处理中,110%UBM > 100%UBM > 80%UBM,且两两处理间均达到显著差异。施用不同秸秆各处理相比较,施用玉米秸秆处理(UM)和施用大豆秸秆处理(UB)对小麦生物量的影响无显著影响。

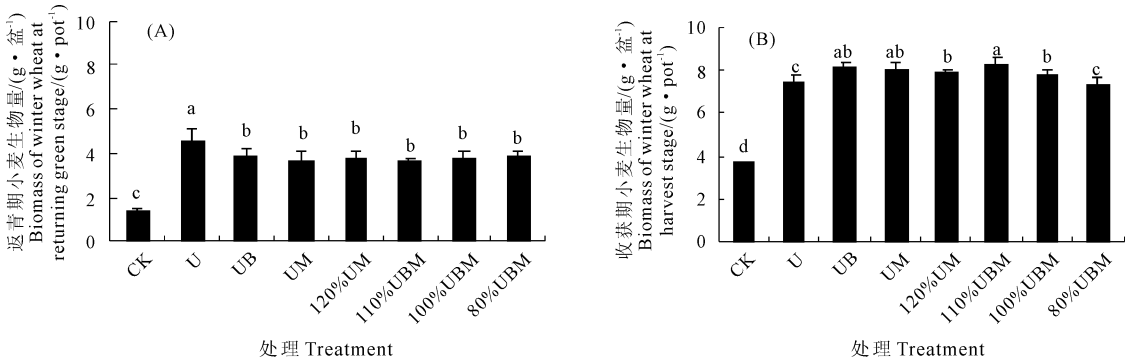


图 1 不同处理对返青期(A)、收获期(B)冬小麦生物量的影响

Fig.1 Biomass of winter wheat under different managements at returning green stage(A) and harvest stage(B)

2.2 不同处理对小麦籽粒产量的影响

与不施肥对照(CK)相比,各施肥处理均显著提高了小麦穗粒数、千粒重及籽粒产量(表 2)。施用尿素水平相同的各处理相比较,尿素与秸秆配施的处理均比单施尿素处理都不同程度提高了小麦穗粒数及籽粒产量,其中以尿素配施玉米秸秆处理的小麦籽粒产量最高。

表 2 不同处理对小麦穗粒数、千粒重及籽粒产量的影响
Table 2 Effects of different treatments on grain number per spike, 1000-kernel weight and grain yield of winter wheat

处理 Treatment	穗粒数(个/穗) Grain number per spike	千粒重/g 1000-kernel weight	籽粒产量/(g·盆 ⁻¹) Grain yield /(g·pot ⁻¹)
CK	9.04 ± 0.38d	29.69 ± 0.53e	1.37 ± 0.03d
U	16.95 ± 1.00c	38.96 ± 1.10a	3.19 ± 0.18c
UB	18.40 ± 0.76ab	36.18 ± 0.68cd	3.33 ± 0.18bc
UM	17.70 ± 1.06bc	37.73 ± 0.91ab	3.44 ± 0.22ab
120%UM	18.55 ± 0.72ab	37.83 ± 1.08ab	3.54 ± 0.11ab
110%UBM	19.20 ± 1.11a	37.39 ± 0.57bc	3.64 ± 0.23a
100%UBM	18.70 ± 0.60ab	36.43 ± 0.98cd	3.47 ± 0.14ab
80%UBM	17.70 ± 0.12bc	35.53 ± 1.01d	3.19 ± 0.12c

注:表中为平均值 ± 标准差,同一指标不同处理中的不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Values are means ± SD ($n = 5$). The different lowercase letters in the same column are significantly different at $P < 0.05$.

同时施用玉米和大豆秸秆处理中,100%UBM 与 110%UBM 间无显著差异,但均显著高于 80%UBM,说明当大豆和玉米秸秆的施用量一定时,增加尿素的用量有利于提高小麦籽粒产量,但当尿素增加量达一定水平时籽粒产量增加不再明显。

2.3 不同处理对小麦氮素吸收及利用的影响

2.3.1 小麦吸氮量 由图 2(A)可以看出,在返青期,施用尿素水平相同处理相比较,处理 U 与处理 UB 间无显著差异,但均显著高于处理 UM 和处理 100%UBM,说明增施玉米秸秆显著降低了返青期小麦的吸氮量,而施用大豆秸秆在一定程度上促进了小麦氮素吸收。玉米和大豆两种秸秆均施用的处理相比,110%UBM 小麦氮素吸收量最高,显著高于 100%UBM 及 80%UBM。

小麦收获期施用尿素水平相同的处理相比较(图 2(B)),尿素与大豆秸秆配施处理(UB)显著高于单施尿素(U)处理,与尿素与玉米秸秆配施处理(UM)相比无显著差异;尿素与大豆、玉米秸秆配施处理(UBM)与单施尿素处理(U)相比无显著差异,但显著低于尿素与一种秸秆配施的处理。说明在不减少化肥施用量的情况下,增施大豆秸秆能显著提高小麦整个生育期的吸氮量,增施玉米秸秆或增施大豆、玉米两种秸秆则无显著影响。在玉米和大豆

秸秆配施处理中,吸氮量随尿素用量的增加而增加,其中处理 110% UBM 和 100% UBM 间无显著差异,

但均显著高于处理 80% UBM。

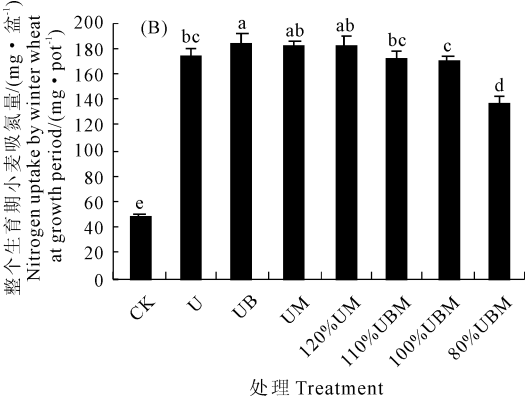
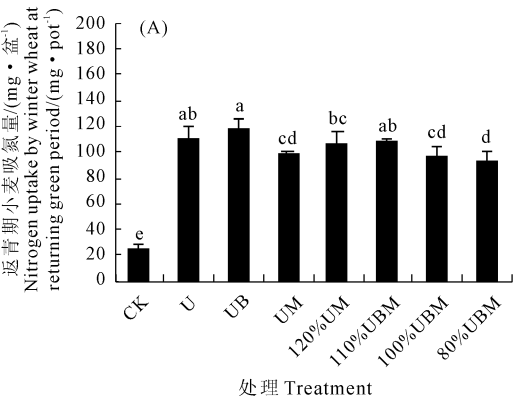


图 2 不同处理对返青期(A)和整个生育期(B)冬小麦吸氮量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on nitrogen uptake of winter wheat during returning green stage (A) and whole growth period (B)

2.3.2 氮肥利用率 小麦氮素利用率的计算方法: (施肥处理小麦吸氮量—对照处理小麦吸氮量)/氮肥施用量×100%。由图 3 可以看出,施用尿素水平相同的各处理相比,单施尿素处理(U)与尿素及所有秸秆配施处理间相比均无显著差异,说明在此氮肥施用量的情况下增施玉米秸秆或大豆秸秆对小麦氮肥利用率均无显著影响。尿素与大豆、玉米秸秆配施的处理间相比均无显著差异,说明当尿素与两种秸秆配施时,尿素用量的变化对小麦氮肥利用率的影响不显著;尿素与玉米秸秆配施的处理要显著高于处理 120% UBM,说明尿素用量的增加降低了小麦氮肥利用率。

降低幅度低于其与玉米秸秆配合处理(UM),这与豆科作物秸秆 C/N 相对较低,施用后对土壤氮素固持能力弱有关。返青期尿素与大豆秸秆配合处理(UB)氮素吸收量显著高于尿素与玉米秸秆配合处理(UM),图 2(A)在一定程度上证实了这一点。而小麦收获后不同处理籽粒产量相比,在氮肥用量相同或增加的情况下配施玉米或大豆秸秆均不同程度较单施尿素处理(U)增加了小麦籽粒产量,说明配施作物秸秆具有一定的增产作用。生产中应提倡秸秆还田,以培肥地力,提高作物产量。

与仅施用氮肥(U)相比,尿素与秸秆配施各处理在小麦生长前期降低了小麦氮素吸收量及小麦生物学产量,而在小麦收获时使小麦籽粒产量有所增加,说明配施秸秆虽然在小麦生长前期发生了氮素固持,但固持的氮素在作物生长的后期会释放出来,供应作物吸收利用,在一定程度上协调了作物氮素供应^[14]。另外,作物生长前期对氮素需要量相对较少,微生物的固持会降低土壤矿质氮含量,减少了氮素的损失^[15-16]。本研究在盆栽条件下进行,在生产实践中,氮肥如何与不同类型秸秆及有机物料配合,是一个值得研究的问题。

玉米秸秆的 C/N 高,大豆秸秆的 C/N 低,其施入土壤后的转化特性会存在一定的差异。但本研究发现,虽然大豆秸秆配施氮肥(UB)与玉米秸秆配施氮肥(UM)相比对小麦生长前期(返青期)生长及氮素吸收产生影响,但收获期二者间小麦籽粒产量及氮素吸收量间无显著差异。这可能与本研究为盆栽试验,环境条件与田间试验存在一定差异有关。有必要进一步在田间条件下研究玉米秸秆与大豆秸秆配合对土壤氮素转化及吸收的影响。

(下转第 120 页)

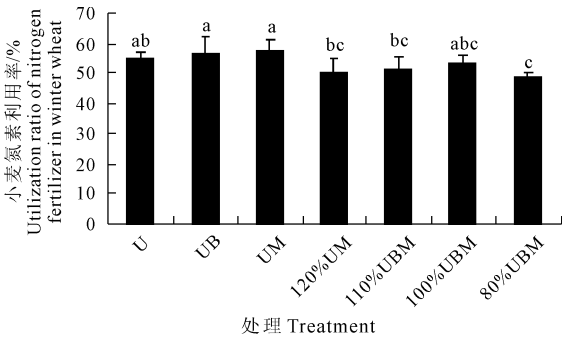


图 3 不同处理对小麦氮素利用率的影响

Fig.3 Effects of different treatments on utilization ratio of nitrogen fertilizer in winter wheat

3 讨论

本研究结果发现,在返青期,尿素与秸秆配施各处理小麦生物量均较单施尿素处理(U)显著降低,这与施用秸秆后导致施用的氮肥发生生物固持而影响作物生长有关^[13]。但尿素与两种秸秆配合处理相比,尿素与大豆秸秆配合处理(UB)小麦生物量的

