

网络出版时间:2013-09-22 17:16

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130922.1716.034.html>

秸秆还田措施下施氮量对冬小麦产量及养分吸收的影响

顾炽明, 黄婷苗, 郑险峰, 侯仰毅, 王朝辉

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】研究关中地区秸秆还田措施下不同施氮量对冬小麦产量及养分吸收的影响, 为相同区域秸秆还田条件下冬小麦氮肥的优化管理提供科学依据。【方法】以“周麦 23”为供试材料, 进行一季以 5 个氮肥用量(0, 84, 168, 252, 336 kg/hm²)为主处理、秸秆还田与否为副处理的田间裂区试验, 分析不同氮肥用量对秸秆还田措施下小麦产量、产量构成要素及地上部养分吸收的影响。【结果】与单施氮肥处理相比, 在低施氮量(<168 kg/hm²)下, 氮肥配合秸秆还田处理的冬小麦产量有降低趋势, 在高施氮量(>252 kg/hm²)下, 氮肥配合秸秆还田处理的冬小麦产量呈增加趋势, 但两者差异不显著; 氮肥表观利用率和氮肥农学效率均呈现为相同施氮量下, 秸秆还田处理高于秸秆不还田处理, 分别提高了 3.29%~24.46% 和 15.04%~30.05%。秸秆还田条件下, 冬小麦籽粒、茎叶和颖壳中的氮素含量及茎叶和颖壳中的钾素含量均随着施氮量的增加而显著增加, 而颖壳磷素含量随着施氮量的增加有降低趋势, 籽粒中钾素含量受施氮量的影响差异不显著。相同施氮量下, 与单施氮肥处理相比, 氮肥配合秸秆还田处理籽粒的磷素及钾素含量均呈增加趋势, 但差异不显著。【结论】氮肥配合秸秆还田能提高冬小麦氮素利用效率。秸秆还田配施适量的氮肥有提高冬小麦产量的趋势, 秸秆还田后氮肥施用量应高于非秸秆还田的田块, 但考虑到生产成本及潜在环境污染的可能性因素, 在秸秆还田条件下, 关中地区冬小麦施氮量不宜高于 336 kg/hm²。

[关键词] 秸秆还田; 氮肥用量; 籽粒产量; 养分吸收; 冬小麦

[中图分类号] S512.1⁺10.62

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)10-0079-09

Effect of nitrogen fertilizer application on yield and nutrition uptake of winter wheat planted in straw return field

GU Chi-ming, HUANG Ting-miao, ZHENG Xian-feng, HOU Yang-yi, WANG Zhao-hui

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

Abstract: 【Objective】A field experiment aiming at the effect of nitrogen fertilizer application on yield and nutrition uptake of winter wheat planted in straw return field was conducted, to improve nitrogen application on field with straw return. 【Method】A wheat cultivar, Zhoumai 23, was used in split block design field with 4 replicates. A total of 5 main treatments were coded as N0, N84, N168, N252, and N336 for nitrogen fertilizer application (0, 84, 168, 252, and 336 kg/hm² nitrogen fertilizer applied, respectively) and return of maize straw was coded as vice treatment. 【Result】Compared with treatments without straw return, wheat yields of S+N (straw return and nitrogen application) decreased, but differences were not significant statistically. Nitrogen fertilizer use efficiencies and agronomic nitrogen use efficiencies of S+N

[收稿日期] 2012-11-30

[基金项目] 国家现代农业产业技术体系“小麦营养与有害物质监控项目”(Z225021103); 西北农林科技大学创新团队项目(Z111021012); 西北农林科技大学基本科研业务费专项(Z109021202)

[作者简介] 顾炽明(1988—), 男, 青海乐都人, 硕士, 主要从事植物营养调控研究。E-mail: q19884171200@126.com

[通信作者] 郑险峰(1968—), 男, 陕西礼泉人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事旱地作物施肥与调控研究。

E-mail: zxf260@sohu.com

treatments were higher than those of N treatments by 3.29%—24.46% and 15.04%—30.05%, respectively. With the increase of nitrogen application rate, nitrogen contents in wheat grain, leaf and glume and potassium contents in wheat leaf and glume of S+N treatments increased significantly, while phosphorus contents in wheat glume decreased slightly. Nitrogen application rate had no significant affect to phosphorus contents in leaf and grain, and potassium contents in grain. 【Conclusion】 Returning straw to field had positive effects on nitrogen fertilizer application in winter wheat field under the experimental conditions, and no more than 336 kg/hm² was the suggested nitrogen application rate together with straw return.

Key words: straw residue returning; nitrogen fertilizer application; grain yield; nutrition uptake; winter wheat

中国是农业生产大国, 秸秆资源十分丰富, 目前全国拥有耕地面积约 1.22 亿 hm², 农作物秸秆产量已超过 7 亿 t, 居世界首位^[1]。中国的秸秆还田技术具有悠久的历史, 是中国旱地农业的一项重要栽培措施。秸秆还田对土壤的可持续利用有重要影响, 不但可以补充土壤有机质^[2], 而且秸秆腐解矿化后还能向土壤提供重要的营养元素并改善土壤物理特性^[3]、养分有效性^[4-5]和土壤生物活性^[6]。随着农业机械化程度和农村生产力水平的不断提高, 秸秆还田成为小麦-玉米轮作区和小麦一季单作区重要的农业措施之一^[7]。同时, 氮素作为农业生产三要素中最主要的营养元素, 在农业生产中需求量最大, 对提高作物产量、改善农产品品质有重要作用^[8]。氮素营养控制着很多生理活动的正常进行, 影响着农作物的生长。因此, 将氮肥合理施用与秸秆还田措施相结合, 对当代农业的发展十分关键。

关于氮肥用量对冬小麦产量及其构成要素的影响已有大量研究^[9-10]。张静等^[11]就玉米秸秆还田量对冬小麦产量的影响进行了研究, 结果表明, 增加玉米秸秆还田量可提高小麦产量。关于秸秆还田对土壤质量的影响也有较多报道, 如秸秆还田可调节土壤容重、促进土壤微生物活性、改善并提高土壤养分供给能力等^[3,6,12]。但将秸秆还田措施与氮肥用量结合起来研究秸秆还田对冬小麦产量及养分吸收的影响还少见报道。

关中地区作为我国冬小麦主产区之一, 在农业生产中占有举足轻重的地位。因此, 就该地区秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量及养分吸收规律的影响进行相关研究具有重要意义。本研究通过对冬小麦产量及其构成要素和冬小麦养分吸收状况与施氮水平关系的分析, 探讨不同氮肥用量结合秸秆还田措施对冬小麦产量及养分吸收的影响, 以期对关中小麦-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

田间试验于 2011-10—2012-06 在陕西省周至县终南镇王才屯(东经 108°22′04″, 北纬 34°07′20″)进行。当地年均气温 13℃, 年降水量 674 mm, 无霜期 225 d。供试土壤为黏质壤土, 0~20 cm 土层土壤养分状况为: 有机质 18.6 g/kg, 全氮 1.13 g/kg, 速效钾 188 mg/kg, 速效磷 8.51 mg/kg, 土壤 pH 值 7.28, 土壤体积分质量 1.21 g/cm³。

1.2 试验设计

采用裂区设计, 主处理是施氮水平, 副处理是秸秆还田处理。5 个施氮水平分别为 N0(不施氮肥)、N84(84 kg/hm²)、N168(168 kg/hm²)、N252(252 kg/hm²)和 N336(336 kg/hm²); 秸秆还田处理分别为玉米秸秆全量还田(S, 秸秆用量为 5 500 kg/hm²)和不还田 2 个水平。冬小麦品种为“周麦 23”, 播量是 187.5 kg/hm², 机械播种, 行距为 20 cm。施肥方式: 全部磷肥(重过磷酸钙) 150 kg/hm²、全部钾肥(氯化钾) 135 kg/hm²以及氮肥总用量的 60%作为底肥于深翻后施入, 其余 40%的氮肥在拔节期追施。每处理设 4 次重复, 共 40 个小区, 小区面积为 7 m×5.8 m。秸秆不还田处理是在玉米收获期间, 提前将秸秆刈割移出田块; 秸秆还田处理为在收获时将玉米秸秆粉碎后直接翻压还田。整地和播种方式为: 冬小麦播种前深翻(40 cm)后, 按各处理的施肥量施肥, 再用旋耕机浅层 20 cm 旋耕 1 次, 最后用带有土壤压实机械的播种机播种。

1.3 测定项目与方法

冬小麦收获时, 在各小区选取 3 个 1 m² 大小、具有代表性的样点单独收割测产。另外采 3 个 1 m 长样段, 调查各处理小麦的有效穗数、穗粒数和千粒质量等指标; 并用样段样品测定植株各部位养分含量, 由各部位生物量及含氮量推算小麦各部位吸氮

量。取部分茎叶、颖壳、籽粒,在 105 ℃ 下杀青 30 min,75 ℃ 烘干,测定风干样的水分含量。小麦生物量和籽粒产量均以烘干质量表示。植物样品粉碎后,称取 0.249 1~0.250 9 g,用 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮,用连续流动分析仪测定消煮液全 N、全 P 含量,采用火焰光度法测定地上部全钾量^[13]。用植株总吸氮量、氮肥表观利用率和氮肥农学效率等指标表示氮素效率。收获指数=(籽粒产量/生物量)×100%,氮肥表观利用率=[(施氮小区地上部吸氮量-不施氮小区地上部吸氮量)/施氮量]×100%,氮肥农学效率(kg/kg)=(施氮区籽粒产量-不施氮区籽粒产量)/施氮量。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS7.05 统计软件和 Excel 2003 进行分析,并用 LSD 法进行差异显著性多重比较($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小麦籽粒产量、生物量及收获指数的影响

从表 1 可以看出,秸秆还田且不施氮肥处理的

小麦籽粒产量和生物量均最低,分别为 3 269 和 9 266 kg/hm²。随施氮量增加,冬小麦籽粒产量及生物量增加,处理 N336 冬小麦籽粒产量和生物量均最高,分别为 6 727 和 16 499 kg/hm²(秸秆不还田)及 7 353 和 16 932 kg/hm²(秸秆还田)。当施氮量低于 168 kg/hm² 时,相同的氮肥施用水平下,秸秆还田后冬小麦籽粒产量有降低趋势,而当施氮量大于 168 kg/hm² 后恰好相反,但秸秆还田与否对冬小麦籽粒产量和生物量的影响差异不显著。这可能是由于低施氮量下秸秆还田后,秸秆腐解过程中与小麦争氮所致。不施氮处理小麦收获指数较小,施氮后增加至 38.5% 以上,但相同施氮量处理下,秸秆还田与不还田之间冬小麦收获指数的差异不显著。单施氮肥条件下,N336 处理小麦产量与 N168 处理间无显著差异,说明 336 kg/hm² 的施氮量在单施氮肥条件下产生的经济效益相较于 168 kg/hm² 施氮量并不明显;而在秸秆还田配施氮肥的情况下,N336 处理小麦籽粒产量显著高于 N168 处理,说明在秸秆还田条件下,336 kg/hm² 施氮量产生的经济效益较 168 kg/hm² 显著提高。

表 1 秸秆还田与否及施氮量对小麦籽粒产量、生物量、收获指数的影响

Table 1 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on wheat yield,biomass and harvesting index

处理 Treatment	籽粒产量/(kg·hm ⁻²) Grain yield		生物量/(kg·hm ⁻²) Biomass		收获指数/% Harvesting index	
	N	N+S	N	N+S	N	N+S
N0	3 636 cA	3 269 dA	10 876 cA	9 266 cA	33.6 cA	35.6 bA
N84	5 004 bA	5 568 cA	12 983 bB	13 691 bA	38.5 bcA	40.6 abA
N168	6 327 aA	5 979 bcA	14 809 abA	14 329 abA	43.0 abA	41.6 abA
N252	7 061 aA	7 127 abA	15 675 abA	16 250 aA	45.2 aA	43.7 aA
N336	6 727 aA	7 353 aA	16 499 aA	16 932 aA	40.8 abA	43.4 aA

注:每行大写字母表示相同氮水平下秸秆还田与否对籽粒产量、生物量及收获指数影响的差异显著性;每列小写字母表示不同氮素水平对籽粒产量、生物量及收获指数影响的差异显著性;不同字母表示各处理之间差异达到 $P<0.05$ 的显著性水平。下表同。

Note:Different uppercase letters indicate significantly different at $P<0.05$ according to LSD test while lowercase letters indicate significantly different. The same below.

对冬小麦籽粒产量与氮肥施用量之间的关系进行拟合,拟合所得的曲线方程为:单施氮肥: $y=-0.040 4x^2+23.384x+3 533(R^2=0.987)$,当 $x=289$ 时, y 有最大值 6 917,即单施氮肥量为 289 kg/hm² 时,冬小麦最高产量为 6 917 kg/hm²;秸秆还田配施氮肥: $y=-0.034 5x^2+23.179x+3 426.8(R^2=0.966 6)$,当 $x=336$ 时, y 有最大值 7 320,即秸秆还田配施氮肥条件下,当施氮量为 336 kg/hm² 时,冬小麦最高产量为 7 320 kg/hm²(图 1)。说明在秸秆还田条件下,施氮量高于 336 kg/hm² 后,伴随着施氮量的进一步增加,冬小麦的产量出现负增长。考虑到投入产出以及潜在的对生

态环境面源污染的可能性,当地秸秆还田条件下冬小麦的施肥量不宜高于 336 kg/hm²。

2.2 不同处理对小麦有效穗数、穗粒数及千粒质量的影响

由表 2 可以看出,在不施氮的情况下,构成冬小麦产量的三要素均受到影响,施氮主要增加了冬小麦的有效穗数,但对穗粒数和千粒质量的影响不显著。将秸秆还田与不还田条件下相同施氮量处理进行对比发现,秸秆还田措施对冬小麦产量三要素的影响差异不显著,但随着施氮量的增加,冬小麦有效穗数在秸秆还田与不还田处理间的增减变化情况与籽粒产量的变化相似,说明秸秆还田条件下冬小麦

产量的变化主要受有效穗数的影响,据此推测秸秆还田措施可能对冬小麦的有效分蘖有影响。

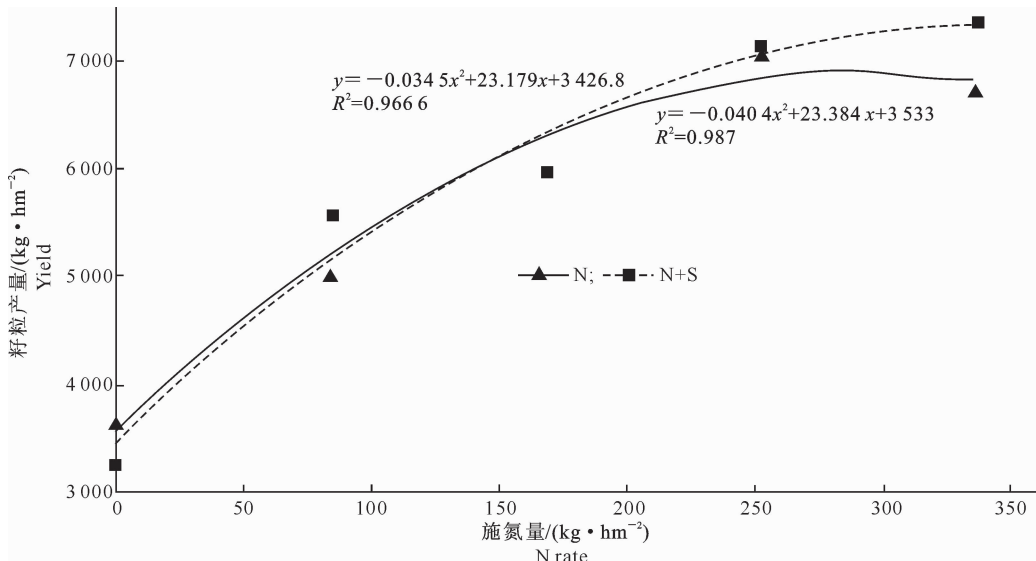


图 1 不同施氮量对秸秆还田冬小麦产量的影响

Fig. 1 Relationship between winter wheat yield and nitrogen application rate

表 2 秸秆还田与否及施氮量对小麦有效穗数、穗粒数、千粒质量的影响

Table 2 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on wheat yield composition

处理 Treatment	有效穗数/(万·hm ⁻²) Ears		穗粒数 Grains per ear		千粒质量/g 1 000-grain weight	
	N	N+S	N	N+S	N	N+S
N0	393 cA	325 cA	30 aA	28 aA	44.0 cA	44.7 aA
N84	433 bcA	450 bA	35 aA	34 aA	46.0 abA	46.6 aA
N168	461 bcA	435 bA	34 aA	34 aA	47.0 aA	46.4 aA
N252	508 abA	502 abA	34 aA	35 aA	44.6 bcA	45.7 aA
N336	543 aA	553 aA	34 aA	33 aA	43.7 cA	43.8 aA

2.3 不同处理对冬小麦氮肥利用的影响

由表 3 可以看出,反映小麦氮素效率的 3 个指标的变化趋势在秸秆还田和不还田条件下基本一致,即随着施氮量的增加,冬小麦地上部总吸氮量明显增加,而氮肥表观利用率和氮肥农学效率均逐渐减小。随着施氮量的增加,氮肥表观利用率降低,说明氮肥的利用程度随施氮量的增加而降低;氮肥农学效率降低说明氮肥的增产效果随着氮肥施用量的增加而减弱。

由表 3 还可知,相同施氮量下,冬小麦的氮肥表

观利用率和氮肥农学效率均表现为秸秆还田处理高于秸秆不还田处理,分别提高了 3.29%~24.46%和 15.04%~30.05%。这些结果均表明,在关中地区施氮量相同的情况下,相较于单施氮肥,秸秆还田配施氮肥有助于提高冬小麦的氮素利用效率。这是由于秸秆还田使土壤理化性状得到改善,从而对冬小麦的生长环境产生影响,促进了冬小麦对土壤氮素的充分利用,使得冬小麦地上部分能从施入的氮肥中吸收更多的氮素,且使得单位吸氮量产生的籽粒产量得到提升,最终提高了冬小麦对氮肥的利用效率。

表 3 秸秆还田与否及施氮量对小麦氮素效率的影响

Table 3 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on wheat nitrogen efficiency

处理 Treatment	地上部总吸氮量/ (kg·hm ⁻²) Total N uptake		氮肥表观利用率/% Nitrogen fertilizer utilization efficiency		氮肥农学效率/(kg·kg ⁻¹) Nitrogen fertilizer agronomic efficiency	
	N	N+S	N	N+S	N	N+S
N0	107 dA	97 dA	—	—	—	—
N84	148 cA	139 bcA	48.6 aA	50.2 aA	20.3 aA	26.4 aA
N168	177 abcA	180 abcA	41.6 abA	49.3 abA	13.4 abA	16.6 bA
N252	201 aA	213 abA	37.2 bA	46.3 bA	10.3 bA	12.9 bA
N336	231 aA	226 aA	36.8 bA	38.5 bA	9.9 bA	11.4 bA

2.4 不同处理对冬小麦养分吸收的影响

2.4.1 对茎叶养分吸收的影响 试验结果表明,随

着施氮量的增加,秸秆还田与否对冬小麦茎叶中氮素含量影响的差异逐渐缩小(图 2),且在同一施氮

量下,茎叶氮含量在秸秆还田与不还田之间差异不显著;相同施氮量下,相较于单施氮肥,秸秆还田配施氮肥有降低茎叶中氮素和钾素含量的趋势(图 2, 4),对茎叶中磷素含量的影响无明显规律性(图 3),以上影响差异均不显著。

由图 2~4 可以看出,秸秆还田条件下,不同氮肥水平对冬小麦茎叶氮素、磷素和钾素含量影响均较大。秸秆还田条件下,当施氮量小于 168 kg/hm² 时,随着施氮量的增加,茎叶中氮素和钾素的含量明显增加,但对茎叶中磷素的影响规律不明显;当施氮量大于 168 kg/hm² 时,施氮量的增加对小麦茎叶中氮素和钾素的影响差异不显著。这表明秸秆还田

后,当施氮量大于 168 kg/hm² 时,增施氮肥不会增加茎叶中氮素的累积。在秸秆还田条件下,随着施氮量的增加,茎叶中氮素含量从 N0 处理的 2.05 g/kg 增加到 N336 的 5.65 g/kg,增加了 176%;茎叶中磷含量由 N0 处理的 0.83 g/kg 到 N168 处理的 1.01 g/kg,再到 N336 处理的 0.75 g/kg,表现出了先增加后降低的趋势,且差异达到显著水平;茎叶中的钾素也从 N0 处理的 15.58 g/kg 增加到 N168 处理的 28.05 g/kg 再到 N336 处理的 27.9 g/kg,当施氮量低于 168 kg/hm² 时,表现出随着施氮量的增加而增加的趋势,但当施肥量达到 168 kg/hm² 时,钾素含量不再随施氮量的增加而显著增加。

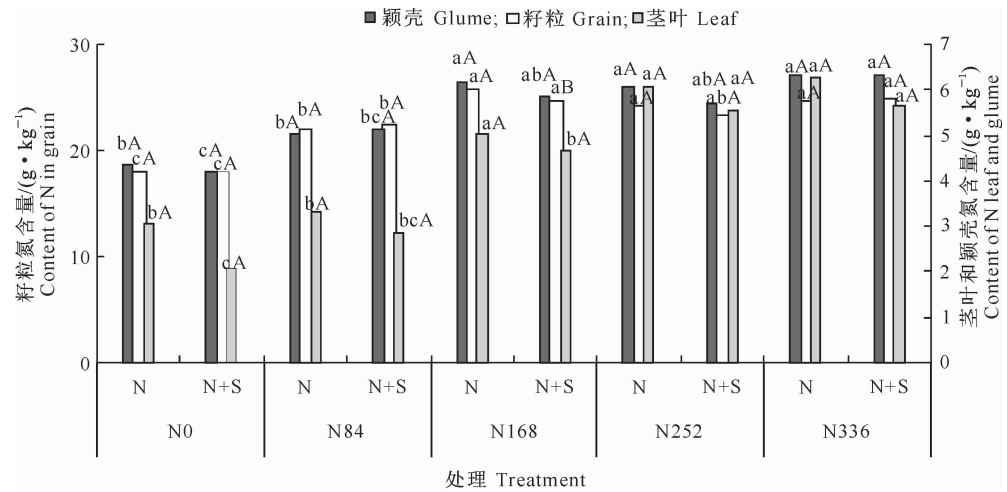


图 2 秸秆还田与否及施氮量对冬小麦地上部氮素吸收的影响

不同大写字母表示相同氮水平下秸秆还田与否对变量影响差异显著;不同小写字母表示秸秆还田或不还田时不同氮素水平对变量影响差异显著。下图同

Fig. 2 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on nitrogen uptake contents in organs of winter wheat

Values under same nitrogen application rate followed by a different capital letter are significantly different at $P<0.05$

according to LSR test while lower case letters shown significantly different between different nitrogen application rate. The same for below

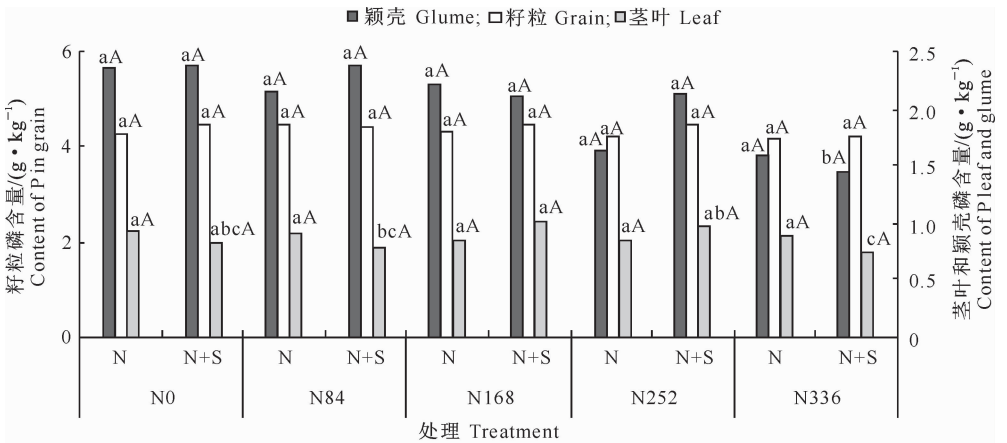


图 3 秸秆还田与否及施氮量对冬小麦地上部磷素吸收的影响

Fig. 3 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on phosphorous uptake contents in organs of winter wheat

2.4.2 对颖壳养分吸收的影响 由图 2~4 可以看出,相同施氮量下,秸秆还田与否对冬小麦颖壳中

氮、磷和钾素含量的影响无显著差异。秸秆还田后,施氮量增加能显著提高冬小麦颖壳中的氮素和钾素含量;当施氮量大于 168 kg/hm² 时,冬小麦颖壳中氮素和钾素含量不再随施氮量增加而显著增加。冬小麦颖壳中磷素含量随着施氮量的增加呈降低趋势。秸秆还田条件下,随着施氮量增加,冬小麦颖壳中氮素含量从 N0 处理的 4.22 g/kg 增加到 N168 处理的 5.86 g/kg 再到 N336 的 6.36 g/kg,增加了

45.5%;当施氮量大于 168 kg/hm² 时,不同处理间冬小麦颖壳中氮素含量差异不显著。颖壳钾素含量也从 N0 处理的 5.1 g/kg 增加到 N168 处理的 7.8 g/kg 再到 N336 处理的 10.01 g/kg,增加了 84.0%,表现出了持续的显著性增加。冬小麦颖壳中磷含量由 N0 处理的 2.38 g/kg 到 N168 处理的 2.11 g/kg 再到 N336 处理的 1.44 g/kg,表现出持续降低的趋势,降低了 39.0%,但差异不显著。

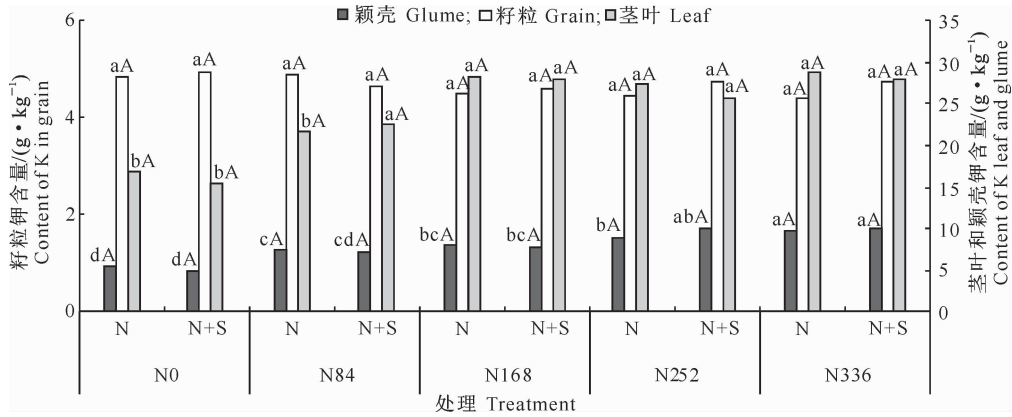


图 4 秸秆还田与否及施氮量对冬小麦地上部钾素吸收的影响

Fig. 4 Effect of straw return and nitrogen fertilizer rates on potassium uptake contents in organs of winter wheat

2.4.3 对籽粒养分吸收的影响 由图 2~4 可以看出,与单施氮肥相比,秸秆还田配施氮肥对冬小麦籽粒中氮、磷和钾素含量的影响无显著差异,但有提高籽粒中磷和钾素含量的趋势。秸秆还田后,施氮量增加能显著提高籽粒中氮素含量,而不同施氮量处理间小麦籽粒磷素和钾素含量差异不显著。方差分析结果表明,小麦籽粒中氮含量在 N0、N84 和 N168 处理间存在显著差异,而在 N168、N252 和 N336 之间差异不显著,说明当施氮量大于 168 kg/hm² 时,小麦地上部分的氮素向籽粒中转移的能力逐渐降低。这可能是由于小麦生长过程中对氮素虽有较多吸收,但未将氮素有效转移至籽粒所致。不同施氮量处理小麦籽粒磷素和钾素的含量差异不显著,可能是由于不同处理的磷肥和钾肥用量相同所致。

由图 2~4 还可以看出,随着秸秆还田后配施氮量的增加,不同处理籽粒的氮、磷养分含量呈增加趋势,其含量分别为 17.93~25.84 和 4.27~4.48 g/kg,各施氮处理籽粒中氮素含量较不施氮处理增加 22.6%~43.7%,磷素含量较不施氮处理增加 0.68%~2.28%。这可能是由于秸秆还田及氮肥用量的增加,刺激了根系的生长,增强了小麦根系活力,进而增强了小麦根系对土壤中磷素的吸收能力;也可能是还田的秸秆在腐解过程中产生的活性物质

对石灰性土壤中的磷素有活化作用所致。

3 讨论

3.1 秸秆还田措施配施氮肥对冬小麦产量的影响 本试验中秸秆还田后冬小麦有效穗数有降低趋势,可能是由于秸秆还田措施对冬小麦的有效分蘖有影响,以及当季降雨量较往年高,导致秸秆还田措施的保水优势无法体现,而秸秆还田后的腐解过程中微生物损耗了一定的氮素,使得在低施氮量时,与单施氮肥处理相比,秸秆还田配施氮肥处理的冬小麦产量有降低趋势;但在高施氮量时,秸秆还田配施氮肥处理的冬小麦产量有增加趋势,但两者间的差异均不显著。

国内外有大量研究报道指出,秸秆还田措施配施氮肥能显著增加冬小麦产量^[14-15]。小麦的产量取决于单位面积有效穗数、穗粒数和千粒质量这 3 个因素。刘思春等^[16]研究表明,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,使得小麦的有效穗数、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。胡海生^[17]研究表明,秸秆还田并施用适量速效氮肥,可使作物前期早发稳长,中后期青秀老健,防止早衰,对禾谷类作物能增加有效分蘖和有效穗数,实现增粒、增质量,有较

明显的增产效果和改善品质的功能。秸秆还田有利于减少降雨或人力等外界因素所导致的土壤表层密闭和结皮现象^[18],改善土壤理化性状,调节饱和和导水率和不饱和导水率,增加土壤透水、透气性^[3],降低水土和养分流失的几率和流失量,促进作物生长和生产^[19]。

然而,也有报道指出,秸秆还田过程中耕作措施不当会造成播种质量差,影响出苗,导致小麦出苗率降低,进而导致小麦产量降低^[20]。另有研究指出,秸秆还田导致小麦减产的原因是秸秆的碳氮比过高^[21],作物秸秆分解时土壤适宜的 C/N 为 25,而秸秆本身 C/N 一般较高,为 80 左右,因此还田后的秸秆不能很快分解也会导致小麦减产^[22]。

3.2 秸秆还田措施配施氮肥对冬小麦养分吸收的影响

秸秆还田配施氮肥能促进小麦氮素效率的提高。本试验中秸秆还田与否对试验地区冬小麦地上部分养分吸收无显著影响,然而秸秆还田后施氮处理的氮素效率较单施氮肥处理提高,这与霍竹等^[23]的研究结果一致。经分析原因如下:

1) 秸秆还田措施配施氮肥提高了土壤中养分的活性。早在 20 世纪 80 年代就有研究指出,有机养分循环配合化肥施用可以提高土壤氮库的累积及活性成分^[6],促进土壤氮素的矿化^[24],提高土壤氮素的供应能力^[25]。在合理配施氮肥条件下,当季氮素利用率可提高 2.68%~7.84%^[26]。朱兆良^[27]发现,还田的秸秆在腐解过程中产生的活性物质,对北方石灰性土壤中的磷素有活化作用。

2) 秸秆还田措施配施氮肥可改善耕地土壤特性^[3,6,12],调节农田小气候^[28],从而促进冬小麦根系的生长以及对土壤养分的吸收^[27]。

3) 秸秆还田配施氮肥起到了减少氮素损失的作用。秸秆还田合理配施氮肥,可以降低农田养分流失^[29],有保存和提高土壤肥效的作用^[12];此外,秸秆还田配施氮肥还能降低土壤反硝化作用,减少氮素损失^[30],促进冬小麦在整个生育期对土壤氮素养分的吸收利用^[31]。

还有研究表明,秸秆还田配施氮肥后,微生物分解秸秆时分解产生的有机物提高了小麦叶片中硝酸还原酶的活性^[32],进而增强了小麦对氮肥的利用能力^[14]。

3.3 关中地区实施秸秆还田措施的必要性及展望

本试验结果表明,秸秆还田后配施氮肥显著提高了氮素效率;并且采取秸秆还田措施也能有效避

免焚烧秸秆引发的环境污染问题。可见,秸秆还田措施无论是在促进作物对养分的吸收利用方面,还是在保护环境方面,都是很有必要的。

综上所述,无论是冬小麦产量还是其地上部分对养分的吸收量所呈现出的规律均表明,秸秆还田后,氮肥施用量对这两者的影响都很明显,且都不是施氮量越高就越好。因此,在供试地区大面积推行秸秆还田措施背景下,推出施肥精确化,尤其是氮肥施用的精确化很有必要。本研究通过分析得出了一个秸秆还田后较为笼统的氮肥施用量范围,但还不够精确和灵活。今后的工作应该注重对秸秆还田后氮肥用量的精确化研究,并挖掘秸秆还田量、冬小麦产量和氮肥施用量之间的内在联系,以更好地将秸秆还田和氮肥施用量相结合。

4 结 论

秸秆还田措施配施氮肥可以提高冬小麦对氮素的利用效率。单施氮肥处理与秸秆还田配施氮肥处理之间小麦的产量差异不显著,与单施氮肥相比,在低施氮量时秸秆还田配施氮肥处理的产量有降低趋势;在高施氮量时秸秆还田配施氮肥处理的产量有增加趋势。因此,秸秆还田后氮肥施用量应高于非秸秆还田的田块,但考虑到生产成本及潜在环境污染的可能性因素,在秸秆还田条件下供试地区冬小麦施氮量不宜高于 336 kg/hm²。

秸秆还田配施氮肥条件下,冬小麦籽粒、茎叶和颖壳中氮素含量,茎叶和颖壳中的钾素含量均随着施氮量的增加而显著增加,而颖壳磷素含量随着施氮量的增加有降低趋势,但籽粒中钾素含量受施氮量的影响差异不显著。相同施氮量下,与单施氮肥处理相比,秸秆还田配施氮肥处理籽粒磷素及钾素含量都有增加趋势,但差异不显著。

[参考文献]

- [1] 季陆鹰,葛 胜,郭 静,等.作物秸秆还田的存在问题及对策[J].江苏农业科学,2012,40(6):342-344.
Ji L Y, Ge S, Guo J, et al. Problems and strategies during crop residue returning [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40 (6): 342-344. (in Chinese)
- [2] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, et al. Ecological linkages between above ground and below ground biota [J]. Science, 2004, 304: 1629-1633.
- [3] Hulugalle N, Lal R, Terkuile C H H. Amelioration of soil physical properties by mucuna after mechanized land cleaning of a tropical rain forest [J]. Soil Sci, 1986, 141: 219-224.
- [4] 孙 星,刘 勤,王德建,等.长期秸秆还田对剖面土壤肥力质

- 量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 587-592.
- Sun X, Liu Q, Wang D J, et al. Effect of long-term application of straw on soil fertility [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(3): 587-592. (in Chinese)
- [5] Asghar H N, Ishaq M, Zahir Z A, et al. Response of radish to integrated use of nitrogen fertilizer and recycled organic waste [J]. Pak J Bot, 2006, 38(3): 691-700.
- [6] Kumar K, Goh K M, Scott W R, et al. Effects of ^{15}N -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.
- [7] 田霄鸿, 南雄雄, Abro Shaukat Ali, 等. 对发展关中平原循环农业的认识与实践 [J]. 科技成果管理与研究, 2009(5): 22-26.
- Tian X H, Nan X X, Abro S A, et al. Research and practice to develop the cycle agriculture of Guanzhong plain [J]. Administration and Research of Science and Technology Accomplishments, 2009(5): 22-26. (in Chinese)
- [8] 杨美英, 刘建, 魏亚凤, 等. 麦秸全量还田下水稻氮素运筹对稻米蛋白质及淀粉粘性的影响 [J]. 江西农业学报, 2010, 22(12): 4-7.
- Yang M Y, Liu J, Wei Y F, et al. Effect of nitrogen application on rice protein content and viscosity under condition of returning whole wheat straw to field [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2010, 22(12): 4-7. (in Chinese)
- [9] 徐国伟, 谈桂露, 王志琴, 等. 秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2736-2746.
- Xu G W, Tan G L, Wang Z Q, et al. Effects of wheat-residue application and site-specific nitrogen management on grain yield and quality and nitrogen use efficiency in direct-seeding rice [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(8): 2736-2746. (in Chinese)
- [10] 张亮, 黄婷苗, 郑险峰, 等. 施氮对秸秆还田冬小麦产量和水分利用率的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(1): 49-54.
- Zhang L, Huang T M, Zheng X F, et al. Effects of nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of winter wheat planted in the croplands with straw returning [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2013, 41(1): 49-54. (in Chinese)
- [11] 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.
- Zhang J, Wen X X, Liao Y C, et al. Effects of different amount of maize straw returning on soil fertility and yield of winter wheat [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(3): 612-619. (in Chinese)
- [12] 吴涌泉, 屈明, 孙芬, 等. 秸秆覆盖对土壤理化性状、微生物及生态环境的影响 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(14): 263-268.
- Wu Y Q, Qu M, Sun F, et al. Effect of straw mulching on soil physical and chemical properties, soil microorganism and environment [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(14): 263-268. (in Chinese)
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 264-270.
- Bao S D. Soil agricultural chemistry analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999: 264-270. (in Chinese)
- [14] 沈海军, 祝飞华, 顾焱明, 等. 关中灌区秸秆还田条件下施氮量对冬小麦产量及氮素利用的影响 [J]. 西北农业学报, 2012, 21(8): 72-76.
- Shen H J, Zhu F H, Gu C M, et al. Effect of nitrogen application under crop residue returning to the grain yield and nitrogen utility in Guanzhong plain [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2012, 21(8): 72-76. (in Chinese)
- [15] 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.
- Zhao P, Chen F. Effect of nitrogen application under crop residue returning to the nitrogen efficiency and grain yield of winter wheat [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(6): 1014-1018. (in Chinese)
- [16] 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.
- Liu S C, Zhang H, Lü J L, et al. A preliminary study on soil water transport and thermodynamics in a loess soil with straw returning for long time [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012, 31(9): 1791-1798. (in Chinese)
- [17] 胡海生. 秸秆还田的作用与方法 [J]. 现代农业科技, 2008(6): 159.
- Hu H S. Function and method of crop residue returning [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2008(6): 159. (in Chinese)
- [18] Ruan H X, Ahuja L R, Green T R, et al. Residue cover and surface-sealing effects on infiltration: Numerical simulations for field applications [J]. Soil Sci Soc Am J, 2001, 65: 853-861.
- [19] Blanco-Canqui H, Lal R, Post W M, et al. Soil structural parameters and organic carbon in no-till corn with variable stover retention rates [J]. Soil Sci, 2006, 171: 468-482.
- [20] 李少昆, 王克如, 冯聚凯, 等. 玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素 [J]. 作物学报, 2006, 32(3): 463-465.
- Li S K, Wang K R, Feng J K, et al. Factors affecting seeding emergence in winter wheat under different tillage patterns with maize stalk mulching returned to the field [J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(3): 463-465. (in Chinese)
- [21] 南雄雄, 田霄鸿, 张琳, 等. 小麦和玉米秸秆腐解特点及对土壤中碳、氮含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 626-633.
- Nan X X, Tian X H, Zhang L, et al. Decomposition characteristics of maize and wheat straw and their effects on soil carbon and nitrogen contents [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(3): 626-633. (in Chinese)
- [22] 江永红, 宇振荣, 马永良. 秸秆还田对农业生态系统及作物生

长的影响 [J]. 土壤通报,2001,32(5):209-213.

Jiang Y H, Yu Z R, Ma Y L. Effect of crop residue to agricultural system and crop growth [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(5): 209-213. (in Chinese)

[23] 霍 竹,付晋锋,王 璞. 秸秆还田和氮肥施用对夏玉米氮肥利用率的影响 [J]. 土壤,2005,37(2):202-204.

Huo Z, Fu J F, Wang P. Effect of crop residue returning incorporate with nitrogen fertilizer application to nitrogen fertilizer efficiency of summer corn [J]. Soils, 2005, 37(2): 202-204. (in Chinese)

[24] 李贵桐,赵紫娟,黄元仿,等. 秸秆还田对氮素转化的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(2):162-167.

Li G T, Zhao Z J, Huang Y F, et al. Effect of residue returning to nitrogen transform [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002, 8(2): 162-167. (in Chinese)

[25] 张亚丽,张 娟,沈其荣,等. 秸秆生物有机肥的施用对土壤供氮能力的影响 [J]. 应用生态学报,2002,13(12):1575-1578.

Zhang Y L, Zhang J, Shen Q R, et al. Effect of straw biological organic fertilizer to soil nitrogen supply ability [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(12): 1575-1578. (in Chinese)

[26] 汪 军,王德建,张 刚,等. 连续全量秸秆还田与氮肥用量对农田土壤养分的影响 [J]. 水土保持学报,2010,24(5):40-62.

Wang J, Wang D J, Zhang G, et al. Effects of different nitrogen fertilizer rate with continuous full amount of straw incorporated on paddy soil nutrients [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(5): 40-62. (in Chinese)

[27] 朱兆良. 推荐氮肥适宜施用量方法刍议 [J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1):1-4.

Zhu Z L. Opinion on recommendation of nitrogen fertilizer application amount [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(1): 1-4. (in Chinese)

[28] Blanco-Canqui H, Lal R, Post, et al. Changes in long-term no-till corn growth and yield under different rates of stover mulch [J]. Agron J, 2006b, 98: 1128-1136.

[29] 汪 军,王德建,张 刚. 秸秆还田下氮肥用量对稻田养分淋洗的影响 [J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):316-321.

Wang J, Wang D J, Zhang G. Effect of incorporated straw-nitrogen fertilizer on nutrient leaching in paddy soils [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(2): 316-321. (in Chinese)

[30] 王改玲,郝明德,陈德立. 秸秆还田对灌溉玉米田土壤反硝化及 N₂O 排放的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(6):840-844.

Wang G L, Hao M D, Chen D L. Effect of residue returning to N₂O emission in irrigated maize field [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(6): 840-844. (in Chinese)

[31] 聂胜委,黄绍敏,张水清,等. 长期定位施肥对冬小麦吸收利用氮素的影响 [J]. 生态环境学报,2012,21(6):1037-1043.

Nie S W, Huang S M, Zhang S Q, et al. Influence of long-term positioning nitrogen fertilizer application on nitrogen absorption of winter wheat [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(6): 1037-1043. (in Chinese)

[32] 介晓磊,杨先明,刘世亮,等. 潮土长期定位施肥对小麦生理特性、产量及面粉品种的影响 [J]. 华北农学报,2011,26(3):157-163.

Jie X L, Yang X M, Liu S L, et al. Effect of long-term located fertilization on physiological property, grain yield and flour quality of wheat [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2011, 26(3): 157-163. (in Chinese)

(上接第 78 页)

[24] Bharaj T S, Virmani S S, Khush G S. Chromosomal location of fertility restoring genes for wild abortive cytoplasmic male sterility using primary trisomics in rice [J]. Euphytica, 1995, 83: 169-173.

[25] 滕利生,申宗坦. 水稻胞质不育的恢复基因分析 [J]. 作物学报,1996,22(2):142-146.

Teng L S, Shen Z T. Genetic analysis of fertility restoration for cytoplasmic male sterile in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(2): 142-146. (in Chinese)

[26] 黄青阳,何予卿,凌杏元,等. 3 种水稻细胞质雄性不育系育性遗传的比较 [J]. 中国农业科学,2000,33(3):8-13.

Huang Q Y, He Y Q, Ling X Y, et al. Comparison of fertility inheritance of three kinds of cytoplasmic male sterile lines in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Scientia Agriculture Sinica, 2000, 33(3): 8-13. (in Chinese)

[27] Tao D Y, Xu P, Li J, et al. Inheritance and mapping of male sterility restoration gene in upland japonica restorer lines [J]. Euphytica, 2004, 138: 247-254.