

施磷对夏玉米土壤硝态氮、吸氮特性及产量的影响

杜红霞^{1,2}, 吴普特^{1,2,3}, 王百群³, 冯 浩^{2,3}, 马军勇^{1,2}

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 国家节水灌溉杨凌工程技术中心, 陕西 杨凌 712100;

3 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究不同施磷水平对夏玉米生长期土壤硝态氮时空分布、累积量及玉米籽粒产量的影响, 为夏玉米合理施肥提供参考依据。【方法】采用田间小区试验, 在施磷水平分别为 0, 60, 120 和 180 kg/hm² 时, 研究施磷对夏玉米产量及土壤氮素吸收累积的影响。【结果】在 0~110 cm 土层, 随土壤剖面深度的增加, 土壤硝态氮含量逐渐降低, 0~30 cm 土层明显高于 30~110 cm 土层且变幅较大, 施磷肥能显著降低土壤硝态氮含量。随夏玉米生育期推进, 0~110 cm 土层硝态氮累积量呈先降低后升高的趋势, 于灌浆期达到最低值; 当施磷水平为 120 kg/hm² 时, 成熟期 0~110 cm 土层硝态氮累积量低于施磷 60 和 180 kg/hm² 的处理; 施磷肥能显著增加玉米籽粒产量、籽粒吸氮量及氮收获指数, 均以施磷水平为 120 kg/hm² 时最高。【结论】在施氮基础上施用磷肥, 有利于提高玉米籽粒产量, 促进作物对氮素的吸收累积, 减少土壤中硝态氮的累积及向更深土层中的运移量。

【关键词】 施磷; 土壤硝态氮; 籽粒产量; 氮素累积量

【中图分类号】 S513.062

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)08-0121-06

Influence of applying phosphorus on soil nitrate N and nutrient uptake and yield of summer maize

DU Hong-xia^{1,2}, WU Pu-te^{1,2,3}, WANG Bai-qun³, FENG Hao^{2,3}, MA Jun-yong^{1,2}

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

2 National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of

Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】A field experiment was carried out to study the influence of applying phosphorus (P) fertilizer on soil nitrate N (NO₃⁻-N) distribution and accumulation amounts in soil profile, grain yield of summer maize to provide theoretical direction for applying P fertilizer (APF) to maize. 【Method】Different levels of P fertilizer were used in maize field, 0, 60, 120, 180 kg/hm² respectively. 【Result】Soil nitrate N concentration decreased obviously with the increase of soil depth in 0—110 cm layer, and NO₃⁻-N concentration in 0—30 cm layer had a larger variation range than that did in 30—110 cm layer. Applying N mixed with P decreased the amount of NO₃⁻-N significantly in soil depth. Firstly there was a decrease and then increase on NO₃⁻-N accumulation amounts in 0—110 cm layer following maize growth stages, and it reached lowest in stem elongation stage. NO₃⁻-N accumulation amounts of APF were lower than that of treatment of 60 and 180 kg/hm² at 120 kg/hm² during harvest stage in 0—110 cm layer. APF could improve

* [收稿日期] 2008-12-08

[基金项目] 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2006AA100204); 新世纪优秀人才支持计划项目(01140602); 高等学校学科创新引智计划项目

[作者简介] 杜红霞(1979—), 女, 宁夏吴忠人, 在读博士, 主要从事雨水资源高效利用与水土保持研究。E-mail: duhongxia1016@163.com

[通信作者] 吴普特(1963—), 男, 陕西武功人, 教授, 博士生导师, 主要从事现代节水农业与水土保持研究。E-mail: gjzwpt@vip.sina.com

sharply grain yield and amount of N taken by grain and N Harvest Index, which were the highest under the 120 kg/hm² of PFA treatment. 【Conclusion】 Based on applying N fertilizer, APF can increase yield clearly, and promote N absorption by crops, reduce the NO₃⁻-N accumulation amounts and translocation of NO₃⁻-N in deep soil.

Key words: applying P fertilizer; soil nitrate N; grain yield; N accumulation amount

磷是作物重要的营养元素之一, 其以多种方式参与植物体内各种生物化学过程, 对促进植物的生长发育和新陈代谢具有重要作用^[1]。氮磷肥配施会促进作物对氮素的吸收^[2-3], 减少氮素在土壤中的残留量。关于氮、磷肥对玉米产量的影响及其利用率的研究, 前人已有较多报道^[4-9], 而关于不同磷肥施用量对玉米产量及吸氮特性的研究还较少。本研究探讨了与氮肥配施的不同磷肥量, 对夏玉米产量、吸氮特性和土壤硝态氮含量的影响, 以期在当地夏玉米合理施磷提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西杨凌国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心节水试验站。该区位于 N 34°14'10", E 108°02'56", 属暖温带半湿润季风气候区; 多年平均降水量 637.6 mm, 年内降雨分配不均, 60% 降雨量集中在 7~10 月, 年际变化大, 丰枯比为 3.0, 变异系数为 0.25; 多年平均高温 12.9 °C, 极端最高气温 42 °C, 极端最低气温 -19.4 °C, 全年无霜期 221 d。供试土壤为砂土, 其机械组成为: 砂粒含量 800.4 g/kg, 粉粒含量 143.1 g/kg, 黏粒含量 56.5 g/kg。供试土壤 0~40 cm 土层养分含量为: 有机质 6.99 g/kg, 全氮 0.51 g/kg, 碱解氮 41.16 mg/kg, 全磷 1.16 g/kg, 速效磷 45.61 mg/kg, 全钾 19.26 g/kg, 速效钾 148.65 mg/kg, pH 7.75。试验地田间持水量 17.2% (质量含水量), 土壤容重 1.39 g/cm³。

1.2 试验设计

本试验于 2007-06-09—2007-10-15 进行。夏玉米品种为郑单 958, 生育期 120 d, 在小麦收获后翻地播种。株距 30 cm, 行距 60 cm, 人工穴播, 每穴 3 粒种子, 播种深度 5 cm, 待植株长至 15 cm 左右时定苗, 每穴 1 株。试验设施磷 (纯 P₂O₅) 量分别为 0, 60, 120 和 180 kg/hm², 依次记为 P0、P1、P2、P3 处理, 播种时一次性施入。各处理施纯氮量均为 120 kg/hm²。每处理 3 次重复, 共 12 个小区。小区面积为 3 m×4 m, 小区之间以 20 cm 地垄区分, 定期除草防虫。氮肥用尿素, 其中 40% 用作底肥,

60% 在大喇叭口期用作追肥; 磷肥用过磷酸钙。降雨量采用节水试验站自动气象站观测资料, 试验期间降雨总量为 522.25 mm, 试验期间无灌溉。

1.3 样品的采集与测定

土壤样品分 5 个时期采集, 即播种前 (2007-06-09)、苗期 (2007-07-01)、拔节期 (2007-08-05)、灌浆期 (2007-8-27) 和收获期 (2007-10-15)。每小区选 2 点, 土钻取土, 采集深度 110 cm, 每 10 cm 采集 1 层土样, 分别装入编号的自封袋, 烘干法测定土壤水分。新鲜土壤用 1 mol/L KCl 溶液振荡浸提 NO₃⁻-N, 用流动分析仪测定浸提液中的 NO₃⁻-N 含量。

玉米植株样品采集分 4 个时期, 在采集土样前 1 d 进行, 苗期 (尚未间苗) 随机采 25 株/区, 拔节期、灌浆期和成熟期每次在各小区随机选取 2 株生长健壮、整齐一致具有代表性的玉米整株, 并立即带回实验室, 分根、茎、叶、穗皮、穗轴、籽粒 (拔节期不分) 分别测定其鲜质量; 再分别剪碎, 取一部分装入信封于 102 °C 杀青 30 min, 之后 70 °C 烘干至恒质量并称其干质量。用粉碎机将样品粉碎备用。植物样品全氮含量测定方法为: H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮, 用全自动凯氏定氮仪测定其消煮液中全氮含量。

1.4 数据分析及计算方法

土壤硝态氮累积量计算公式为:

$$SNA = SN \times SBD \times H / 10$$

式中: SNA 为土壤硝态氮累积量 (kg/hm²), SN 为土壤硝态氮含量 (mg/kg), SBD 为土壤容重 (g/cm³), H 为土层厚度 (cm)。

氮收获指数是指籽粒氮素累积量与植株地上部氮素累积量之比, 其计算公式为:

$$NHI / \% = (GUN / PUN) \times 100 \%$$

式中: NHI 为氮收获指数 (%), GUN 为籽粒氮素累积量 (kg/hm²), PUN 为植株地上部氮素累积量 (kg/hm²)。

数据分析采用 EXCEL 和 DPS 7.05 软件。

2 结果与分析

2.1 不同施磷水平对土壤剖面硝态氮含量的影响

夏玉米各生育时期不同施磷处理 0~110 cm 土

层硝态氮含量分布见图 1。由图 1 可知,土壤硝态氮主要累积在 0~30 cm 土层,具有表聚性;30~110 cm 土层土壤中硝态氮含量较少且无明显变化。在夏玉米整个生育期内,各处理 0~30 cm 土层硝态氮

含量变化最为显著。在苗期至灌浆期,不同处理 0~110 cm 土层硝态氮含量随着生长期的延长而降低;在收获期,30~100 cm 土层硝态氮含量明显高于播种前。

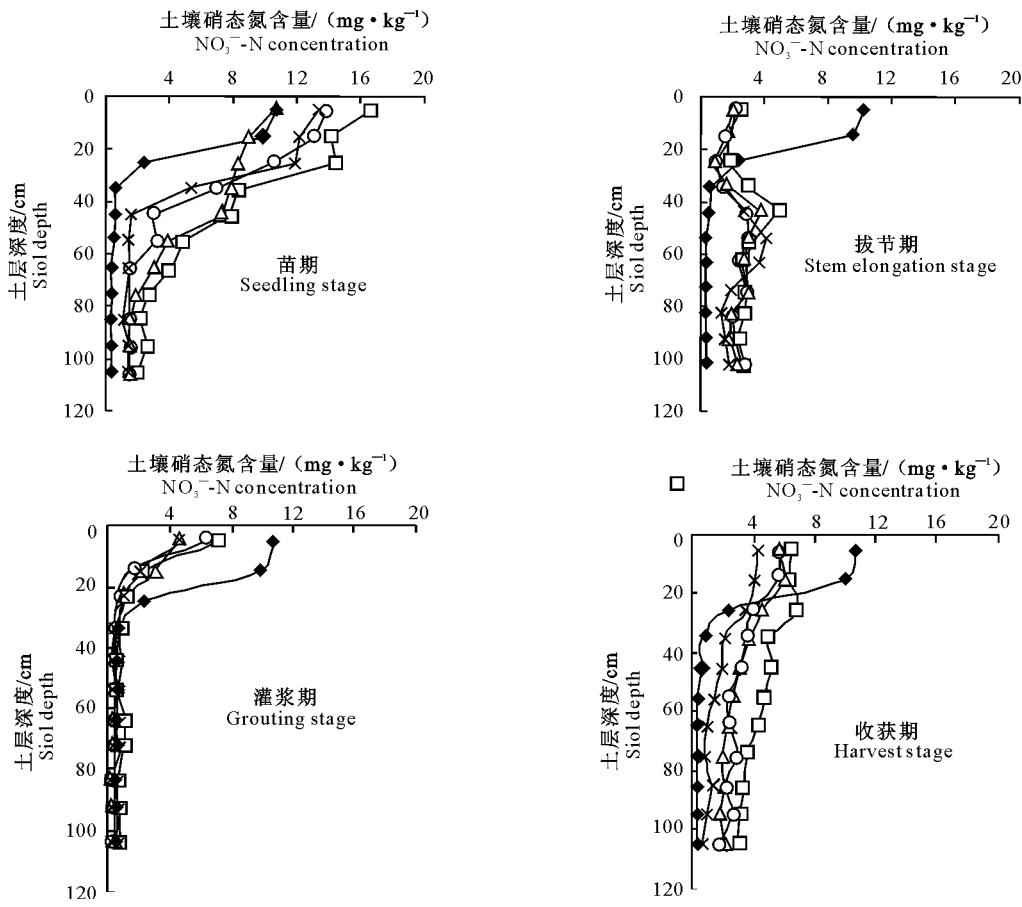


图 1 不同施磷水平对夏玉米各生育期土壤剖面硝态氮含量的影响

—◆—,播种前;—□—,P0;—△—,P1;—×—,P2;—○—,P3

Fig. 1 Effect of applying P fertilizer of different levels on NO₃⁻-N concentration in soil profile in different maize growth stages

—◆—,Pre-sowing; —□—,P0; —△—,P1; —×—,P2; —○—,P3

在不同生育期,不同施磷水平对土壤各层硝态氮含量的影响有差异。与播种前相比,播种时由于各处理均施入氮肥,故土壤各层硝态氮含量均增加;在苗期和收获期,与不施磷处理相比,施磷处理土壤硝态氮含量均降低,表明磷肥的施入促进了作物对土壤中硝态氮的吸收;在拔节期和灌浆期,施磷处理与不施磷处理的差异不明显。从苗期到拔节期,植株的生长增加了对土壤养分的消耗,加之苗期玉米扎根还较浅,所以对表层土壤的硝态氮需求较大,因此,各处理 0~50 cm 土层硝态氮含量显著降低,且在 50 cm 土层处有一累积区,各处理之间差异不明显。从拔节期到灌浆期,由于喇叭口期追施氮肥,0~30 cm 土层硝态氮含量明显增加,30~110 cm 土

层硝态氮含量迅速下降,达到整个生育期的最低值,这与此阶段玉米生长迅速、对养分吸收量大有关。从灌浆期到收获期,由于作物对养分吸收速度逐渐减弱,所以土壤硝态氮含量又呈上升趋势;不施磷处理高于其他施磷处理,且 3 种施磷处理中 P2 处理最低,P1 和 P3 处理无显著差异,表明施磷量在一定范围内,能显著降低土壤中硝态氮含量。

2.2 不同施磷水平对夏玉米土壤剖面硝态氮累积量的影响

不同施磷水平对夏玉米生长期 0~110 cm 土层硝态氮累积量的影响见表 1。由表 1 可知,从播种前到玉米苗期,各处理 0~110 cm 土层土壤硝态氮累积量均有所增加(播种前为 34.60 kg/hm²),不施磷

处理较其他施磷处理增幅大,即增幅为 73.81 kg/hm²。从整个生长期来看,0~50 cm 土层硝态氮累积量占 0~110 cm 土层累积量的比例远高于50~110 cm 土层,且 3 种施磷处理明显低于不施磷处理,其中 P2 处理最低。

表 1 还显示,从苗期到拔节期,随着玉米生育期推进,各处理 0~110 cm 土层硝态氮累积量呈下降趋势;拔节期 3 种施磷处理 0~110 cm 土层硝态氮累积量相近且无显著差异,并均显著低于不施磷处理;0~50 cm 与 50~110 cm 土层硝态氮累积量变化随施磷量增加表现出相同规律,施磷处理中 P2 处理最低,P1 和 P3 处理在拔节期无明显差异。与苗期相比,拔节期 0~50 cm 土层硝态氮累积量占 0~110 cm 土层的比例减小(35.90%~42.51%),说明

拔节期夏玉米对 0~50 cm 土层养分的吸收量较大,这与玉米根系分布层次有直接关系。

从拔节期到灌浆期,不同施磷处理 0~110 cm 土层硝态氮累积量迅速下降,均在灌浆期达到最低值,各处理降幅分别为:P0(22.34 kg/hm²)>P3(18.67 kg/hm²)>P2(17.08 kg/hm²)>P1(16.57 kg/hm²),这是由于此期夏玉米植株对土壤养分吸收量大且速度快所致。夏玉米灌浆期,3 种施磷处理 0~110 cm 土层硝态氮累积量均低于不施磷处理,且与其存在显著差异;P₁ 处理 0~50 cm 和 50~110 cm 土层硝态氮累积量与 P₂ 和 P₃ 处理对应土层间存在显著差异,且植株对 50~110 cm 土层的养分吸收增多,致使该层硝态氮累积量显著降低。

表 1 不同施磷水平对土壤剖面硝态氮累积量的影响
Table 1 Effect of applying P fertilizer on accumulation amounts of NO₃⁻-N in soil profile kg/hm²

土层深度/cm Soil layer	苗期 Seedling stage				拔节期 Stem elongation stage			
	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3
0~110	108.41 a	79.06 b	69.39 c	78.97 b	45.55 a	36.16 b	33.99 b	35.46 b
0~50	81.11 a	58.93 b	58.05 b	62.04 b	19.36 a	13.42 b	12.20 b	12.98 b
50~110	27.30 a	20.13 b	11.34 d	16.93 c	26.19 a	22.74 b	21.79 b	22.48 b

土层深度/cm Soil layer	灌浆期 Grouting stage				收获期 Harvest stage			
	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3
0~110	23.21 a	19.59 b	16.91 c	16.79 c	73.40 a	50.03 b	31.51 c	50.70 b
0~50	15.74 a	14.00 a	11.95 b	12.08 b	40.30 a	30.59 b	21.26 c	29.21 b
50~110	7.47 a	5.59 b	4.96 c	4.70 c	33.10 a	19.44 b	10.25 c	21.49 b

注:同行数据后标相同字母者表示差异不显著($P>0.05$),标不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Means with the same letters are not significant difference ($P>0.05$),different letters are significant difference ($P<0.05$).

从灌浆期到收获期,作物进入生殖生长阶段,减弱了对土壤养分的消耗,0~110 cm 土层硝态氮累积量逐渐上升。收获期,施磷处理土壤硝态氮累积量均低于不施磷处理,且与其存在显著差异;施磷处理中 P2 处理最低,P1 和 P3 处理间无显著差异。由此可见,在收获期,随施磷量的增加,0~110 cm 土层硝态氮累积量呈先降低后增加的趋势。

2.3 不同施磷水平对夏玉米籽粒产量及各生育期植株氮素累积量的影响

由表 2 可知,随着夏玉米生育进程的推进,不同施磷处理植株地上部氮素累积量均呈增加趋势,其中苗期植株生长缓慢,地上干物质较轻,氮素累积量增加缓慢;拔节期,植株生长进入旺盛阶段,植株吸氮量随之迅速增加,P0、P1、P2、P3 处理植株氮素累积量分别占各处理最大氮素累积量的 48.7%,49.6%,53.3%和 58.9%,且植株地上部氮素累积量随磷肥用量的增加而增大,P1、P2、P3 施磷处理较

P0 处理分别增加 22.5%,47.3%和 49.9%,且各施磷处理之间及与不施磷处理间均存在显著差异;灌浆期,P1、P2、P3 处理植株地上部氮素累积量较 P0 处理分别增加 9.3%,29.2%和 34.2%,表现出与拔节期相同的规律;收获期,各处理植株地上部氮素累积量均达到峰值,且随施磷量的增加呈先增加后减小的趋势。各处理的籽粒氮素累积量变化规律与收获期地上部氮素累积量变化一致,P0、P1、P2、P3 处理分别占收获期植株地上部氮素累积量的 61.4%,66.8%,71.6%和 67.1%,P1、P2、P3 处理较 P0 处理分别增加 30.9%,56.6%和 35.3%,且 P2 处理与其他处理间存在显著差异,P1 与 P3 处理间无显著差异。由此可知,在施用氮肥的基础上配施磷肥,未改变植株氮素累积的变化趋势,但当磷肥施用量达到 120 kg/hm² 时,可显著增加玉米生长过程中对氮素的吸收累积量,这为增加玉米籽粒蛋白质含量提供了物质保障。

表 2 不同施磷水平对夏玉米各生育期地上部氮素累积量及产量的影响

Table 2 Effect of applying P fertilizer on N accumulation at different growth stages and yield of maize

处理 Treatment	植株地上部氮素累积量/(kg·hm ⁻²) Accumulation amount of N in plants above ground				籽粒氮素累积量 /(kg·hm ⁻²) Amount of N uptaken by grain	籽粒产量 /(kg·hm ⁻²) Grain yield	氮收获 指数/% NHI
	苗期 Seedling	拔节期 Stem elongation	灌浆期 Grouting	收获期 Harvest			
P0	0.96 b	34.53 d	58.26 d	70.95 c	43.57 c	4 875 c	63.12 c
P1	0.98 b	42.30 c	63.68 c	85.37 b	57.02 b	6 140 b	68.71 b
P2	1.18 a	50.86 b	75.27 b	95.38 a	68.25 a	6 534 a	73.49 a
P3	1.23 a	51.76 a	78.20 a	87.75 b	58.94 b	6 270 ab	69.01 b

注:同列数据后标相同字母者表示差异不显著($P>0.05$),标不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Means with the same letters are not significant difference ($P>0.05$), different letters are significant difference ($P<0.05$).

由表 2 还可以看出,与不施磷处理相比,施磷处理对夏玉米有显著的增产效果,P1、P2、P3 处理分别增产 25.95%,34.01%和 28.61%,当施磷量达 120 kg/hm² 时,籽粒产量最高,之后随施磷量的增加籽粒产量明显下降。可见,在一定范围内施磷水平越高,对玉米植株的生长促进作用也越大,不仅增加了地上部分的干物质累积量,而且最终产量受施磷水平影响更为明显;但当磷肥施用量过大时,氮素不足造成 N、P 比例失调,且磷素过量对作物生长产生了抑制作用,故导致产量降低。

氮收获指数的高低与作物积累氮素的过程及作物体内氮素的再分配(或转运)有关。由表 2 可知,夏玉米氮收获指数表现出与籽粒产量相同的变化规律,说明适量施磷有利于氮素在夏玉米植株体内更好地分配,能够提高其籽粒品质。

3 讨 论

本试验结果表明,不同施磷处理土壤硝态氮含量随土层深度的变化趋势基本一致,即随深度的增加,其含量逐渐降低,0~30 cm 土层硝态氮含量明显高于 30~110 cm 土层且变幅较大,有表聚性。收获期施磷处理 0~30 cm 土层硝态氮含量均显著低于不施磷处理,且随施磷量的增加,其降幅先增后减。可见,在氮肥基础上配施磷肥能降低土壤中硝态氮残留量,减少氮素损失及对土壤的潜在污染源。

施磷肥在提高玉米产量的同时,也增加了玉米对氮素营养的吸收。武际等^[8]研究表明,在施用氮肥的基础上合理配施磷肥,促进了养分比例的协调供给并保持了养分平衡,使玉米对氮素的吸收增多,玉米植株中氮的吸收量增加了 7.4~18.0 kg/hm²。在本试验中,也得出同样的结论:各施磷处理玉米地上部氮素吸收较不施磷处理增加了 14.42~24.43 kg/hm²。

施磷对产量构成因子均有影响,并能显著提高

作物物质生产能力^[3,10]。郭中义等^[11]研究亦表明,施用磷肥后玉米穗粒数显著增加,百粒质量、穗行数略有提高,增加了玉米籽粒矿质养分和有机养分,改善了玉米籽粒品质。本试验结果表明,在施用氮肥基础上合理配施磷肥,不仅能显著提高夏玉米地上干物质累积量,而且能显著提高夏玉米产量,这与前人研究结果基本一致^[8,11]。当磷肥施用量达到 120 kg/hm² 时,夏玉米植株氮素累积量和籽粒累积量增幅均达到最大,为增加玉米籽粒蛋白质含量提供了物质保障;当施磷量超过 120 kg/hm² 时,会引起夏玉米前期营养生长旺盛,从而影响其生殖生长,使玉米增产效果有所降低。

本研究中,在相同的施氮水平下,配施磷肥有利于夏玉米籽粒产量的增加和氮收获指数的提高。其中配施磷量 120 kg/hm² 时,较不施磷处理增产 34.01%,且其氮收获指数亦为最大。随施磷量的增加,籽粒产量及氮收获指数增幅均表现为先升高后降低;当施磷量超过 120 kg/hm² 后,两者反而有下降趋势,这可能是由于 N、P 比例失调,抑制了作物生长,影响了作物产量和籽粒对氮素的吸收。

4 结 论

夏玉米种植中,在施氮肥基础上配施磷肥,能够降低土壤中硝态氮累积量,在未改变植株氮素累积变化趋势的同时,能够提高玉米自身生长过程中对氮素的吸收量。在 3 种配施不同量磷肥的设计中,当磷肥施用量达到 120 kg/hm² 时,玉米植株氮素累积量、籽粒吸氮量及氮收获指数均达到最大,为增加小麦籽粒蛋白质含量提供了物质保障。

[参考文献]

[1] 蔡柏岩,葛菁萍,祖伟. 不同磷肥水平对大豆磷营养状况和产量品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(3): 404-410.

Cai B Y, Ge J P, Zu W. Effect of phosphorus levels on soybean

phosphorus nutrition, yield and quality [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(3): 404-410. (in Chinese)

[2] 袁新民, 同延安, 杨学云, 等. 施用磷肥对土壤 NO_3^- -N 累积的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 397-403.

Yuan X M, Tong Y A, Yang X Y, et al. Effect of phosphate application on soil nitrate nitrogen accumulation [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2000, 6(4): 397-403. (in Chinese)

[3] 张少民, 郝明德, 柳燕兰. 黄土区长期施用磷肥对冬小麦产量、吸氮特性及土壤肥力的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(7): 159-163. (in Chinese)

Zhang S M, Hao M D, Liu Y L. Effects of long-term application of P fertilizer on the yield of winter wheat and characteristic of N absorption and soil fertility in dry-land of Loess Plateau [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2007, 35(7): 159-163.

[4] Owens L B, Edwards W M, Keuren R W. Groundwater nitrate levels under fertilized grass and grass-legume pastures. [J]. Environ Qual, 1994, 23: 752-758.

[5] 杨 荣, 黄高宝, 陈其鲜, 等. 施氮量对陇东旱地玉米产量与品质的影响研究 [J]. 甘肃农业科技, 2006(2): 9-11.

Yang R, Huang G B, Chen Q X, et al. Effect of nitrogen application on the yield and quality of corn in semi-arid area of east Gansu [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2006(2): 9-11. (in Chinese)

[6] 赵 营, 同延安, 赵护兵. 不同施氮量对夏玉米产量、氮肥利用率及氮平衡的影响 [J]. 土壤肥料, 2006(2): 30-33.

Zhao Y, Tong Y A, Zhao H B. Effect of different N rates on yield of summer maize, fertilizer N recovery and N balance [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2006(2): 30-33. (in Chinese)

Chinese)

[7] 郭中义, 孟祥锋, 张 明, 等. 施用氮磷钾肥对夏玉米产量和品质的影响 [J]. 土壤肥料, 2004(1): 25-26.

Guo Z Y, Meng X F, Zhang M, et al. Effect of Nitrogenous, Phosphate and Potash fertilizer on yield and quality of summer maize [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2004(1): 25-26. (in Chinese)

[8] 武 际, 郭熙盛, 王文军, 等. 磷钾肥配合施用对玉米产量及养分吸收的影响 [J]. 玉米科学, 2006, 14(3): 147-150.

Wu J, Guo X S, Wang W J, et al. Effect of combined application of P and K on yield and nutrient uptake of maize [J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(3): 147-150. (in Chinese)

[9] 王西娜, 王朝辉, 李生秀. 施氮量对夏季玉米产量及土壤水氮动态的影响 [J]. 生态学报, 2007, 27(1): 197-204.

Wang X N, Wang Z H, Li S X. The effect of nitrogen fertilizer rate on summer maize yield and soil water-nitrogen dynamic [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 197-204. (in Chinese)

[10] 姜宗庆, 封超年, 黄联联, 等. 施磷量对不同类型专用小麦产量和品质的调控效应 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(5): 113-116.

Jiang Z Q, Feng C N, Huang L L. Effect of phosphorus application on grain yield and quality of wheat for different end uses [J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(5): 113-116. (in Chinese)

[11] 郭中义, 孟祥锋, 张 明, 等. 施用氮磷钾肥对夏玉米产量和品质的影响 [J]. 土壤肥料, 2004(1): 25-26.

Guo Z Y, Meng X F, Zhang M, et al. Effect of nitrogenous, phosphate and potash fertilizer on yield and quality of summer maize [J]. Soils and Fertilizers, 2004(1): 25-26. (in Chinese)