

高文龙, 崔浩, 冯木彩, 等. 不同磷素用量对玉米氮磷钾养分分配及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(12): 75-80.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.12.012

不同磷素用量对玉米氮磷钾养分分配及产量的影响

高文龙¹, 崔浩¹, 冯木彩², 张赢心¹, 高占¹, 贾志越¹, 卢英进², 刘树堂¹

(1. 青岛农业大学资源与环境学院, 山东青岛 266109; 2. 诸城市农业技术推广中心, 山东诸城 262200)

摘要:为研究不同磷素用量对玉米氮磷钾养分分配以及玉米产量和磷肥利用率的影响,以鲁单818玉米为试验材料,设置0(P1)、20(P2)、40(P3)、60(P4)、80(P5)、100 kg/hm²(P6)共6个磷素处理水平,测定玉米各个器官氮磷钾累积含量、玉米产量以及磷肥利用率。结果表明,施用磷肥能够显著提高玉米养分累积量和玉米产量($P < 0.05$),其中100 kg/hm²磷肥处理的玉米氮、磷、钾含量较不施磷肥分别提高了37.95%、54.15%、48.12%,另外玉米干物质积累量、穗长、行粒数、百粒质量、产量较不施磷肥处理分别提高12.15%、18.18%、22.22%、9.21%、21.68%;施用磷肥可以显著提高玉米各器官的氮磷钾含量,养分在玉米植株各器官中的分布规律:氮素含量表现为籽粒>叶叶>茎秆>根系,磷素含量表现为籽粒>叶片>茎秆>根系,钾素含量表现为叶片>茎秆>籽粒>根系;磷肥利用率、磷肥农学效率、磷肥偏生产力、磷素吸收效率均随磷素用量的增加而下降,100 kg/hm²磷素用量时分别为17.46%、20.79 kg/kg、116.21 kg/kg、0.56 kg/kg。当磷素用量为100 kg/hm²时玉米产量最高,当磷素用量为60~80 kg/hm²时既可以保证高产又可以保持较高的磷肥利用率。

关键词:磷素用量;玉米;养分吸收;产量构成;养分利用效率

中图分类号: S513.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)12-0075-06

磷是植物生长发育所必需的营养元素之一,参与植物体的构成以及新陈代谢等过程^[1]。土壤中只有少量的有效磷可以供作物吸收利用^[2],因此农业生产上需施用磷肥来提高作物产量。但是由于磷肥当季利用率低,在1980—2010年间磷肥用量增长了2倍,而粮食产量仅提高70%^[3],并且过量以及不合理地施用磷肥也造成土壤磷素累积、水体富营养化等环境问题,最终导致磷肥资源的浪费以及生产成本的提高^[4]。

玉米作为主要的农作物之一,对我国粮食安全和经济发展具有重要影响^[5]。氮磷钾在玉米器官中的养分积累分配对玉米产量以及品质具有显著影响^[6],掌握玉米养分吸收累积的特点能够为合理施肥提供科学的理论依据^[7]。李川等发现,随着生育期的进行,玉米植株内磷素含量逐渐增加,并在鲜食期达到最大值^[8]。李文娟等发现,灌浆期以后,

玉米体内的磷素有56.0%~85.8%来自于营养器官的转运^[9]。随着施磷量的增加,籽粒的磷素累积量先增加后降低,而磷肥利用率则逐渐降低^[10-11]。前人研究多集中在肥料以及氮素对玉米养分分配以及产量的影响,本试验通过设置不同的磷素用量来研究磷素对玉米养分分配、产量以及肥料利用率的影响,以为玉米生产中合理施用磷肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2020年6月28日在青岛农业大学莱阳试验站栽培池(120.7°E,36.9°N)进行,栽培池长×宽为2 m×2 m,深1.5 m,栽培池之间用水泥层隔断。土壤为棕壤,pH值为6.5,有机质含量12.93 g/kg,全氮含量0.77 mg/kg,碱解氮含量59.85 mg/kg,有效磷含量30.52 mg/kg,速效钾含量112.60 mg/kg。玉米品种为鲁单818,行距60 cm,株距20 cm,试验共设6个处理(表1),4次重复。所施肥料中氮肥为尿素(氮含量46%)、磷肥为过磷酸钙(P₂O₅含量14.5%),钾肥为氯化钾(K₂O含量62.67%)。2020年6月28日播种,磷肥和钾肥全部作基肥一次施入,氮肥分3次施入,分别在播种期、大喇叭口期、抽雄期施入总量的30%、30%、40%。玉米整个生育

收稿日期:2021-09-11

基金项目:山东省农业重大应用技术创新项目(编号:SD2019ZZ013);
山东省科技特派员行动计划(编号:2020KJTPY075)。

作者简介:高文龙(1997—),男,山东临沂人,硕士研究生,主要从事植物营养研究。E-mail:gw10313@163.com。

通信作者:刘树堂,博士,教授,硕士生导师,主要从事植物营养与施肥技术研究。E-mail:liushutang212@163.com。

表 1 试验设计方案

处理	kg/hm ²		
	氮含量	P ₂ O ₅ 含量	K ₂ O 含量
P1	180	0	67.5
P2	180	20	67.5
P3	180	40	67.5
P4	180	60	67.5
P5	180	80	67.5
P6	180	100	67.5

期内管理方式相同,如灌溉、除草、追肥等。

1.2 测定方法

土壤全氮含量用 H₂SO₄ - H₂O₂ 消煮,半微量凯氏定氮仪法测定;碱解氮含量用碱解扩散法测定;有效磷含量用钼锑抗比色法测定;速效钾含量用火焰光度计测定;有机质含量用外加热法测定^[12]。

玉米成熟期收获以后进行玉米考种,测量玉米穗长、穗行数、行粒数、百粒质量、产量等指标。植物养分含量测定:采集各小区成熟期玉米全株,把根、茎、叶、籽粒等器官分开,在 105 ℃ 杀青 1 h, 75 ℃ 烘干至恒质量,测定干物质积累量;采用 H₂SO₄ - H₂O₂ 消煮,半微量凯氏定氮仪法测定玉米植株全氮含量;用钒钼酸铵比色法测定植株全磷含量;用火焰光度计测定植株全钾含量^[12]。

养分含量及利用效率的计算公式:

植株(器官)养分积累量 = 植株(器官)生物量 × 植株(器官)养分含量^[6];

磷肥利用率(Rep) = (施磷区地上部吸磷量 - 不施磷区地上部吸磷量) / 磷肥用量^[13];

磷肥农学效率(AEP) = (施磷处理籽粒产量 - 不施磷处理籽粒产量) / 施磷量^[13];

磷肥偏生产力(FPP) = 施磷处理籽粒产量 / 施磷量^[13];

磷素吸收效率(UPEP) = 植株磷素积累量 / 施磷量^[13]。

1.3 统计分析

试验结果采用 Excel 2013、Orinin 2018 和 DPS 软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同磷素用量对土壤养分含量的影响

从表 2 可以看出,不同的磷素用量对土壤有机质和速效钾的含量没有显著影响。土壤中有效磷含量以 P6 处理最高,其次是 P2 处理,较 P1 处理分别提高 20.49%、10.78%。另外,土壤全氮含量表现为 P1 处理 > P2 处理 > P3 处理 > P5 处理 > P4 处理 > P6 处理,其中 P6 处理的全氮含量较 P1 处理降低了 14.61%,P2 处理较 P1 处理降低了 7.87%。碱解氮含量是反映土壤供氮能力的指标,P6 处理的碱解氮含量最低,其次是 P5 处理,与 P1 处理相比分别降低了 16.75%、15.36%,P2 处理较 P1 处理也降低了 10.22%。试验结束后,各个处理的土壤中碱解氮含量均高于基础土壤,这可能是施用氮肥造成的。说明施用磷素对土壤有机质及速效钾含量的影响不显著,但是对土壤氮含量的影响显著,这可能是磷素的施用促进了玉米对氮素的吸收。

表 2 不同磷素用量对土壤养分的影响

处理	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (mg/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
P1	11.46 ± 0.24a	0.89 ± 0.11a	74.76 ± 4.12a	29.77 ± 1.63b	93.12 ± 6.36a
P2	11.89 ± 0.74a	0.82 ± 0.05ab	67.12 ± 3.38b	32.98 ± 1.53ab	88.09 ± 11.3a
P3	11.65 ± 1.12a	0.81 ± 0.02ab	71.45 ± 2.95ab	31.46 ± 2.27b	87.43 ± 8.91a
P4	12.10 ± 0.39a	0.78 ± 0.04b	64.04 ± 9.98bc	30.36 ± 1.82b	92.65 ± 7.78a
P5	11.28 ± 1.31a	0.79 ± 0.04ab	63.28 ± 3.84bc	31.59 ± 1.71b	89.28 ± 7.25a
P6	11.76 ± 0.47a	0.76 ± 0.01b	62.24 ± 2.13c	35.87 ± 2.06a	98.56 ± 7.55a

注:同列数据后不同小写字母表示不同磷水平处理之间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

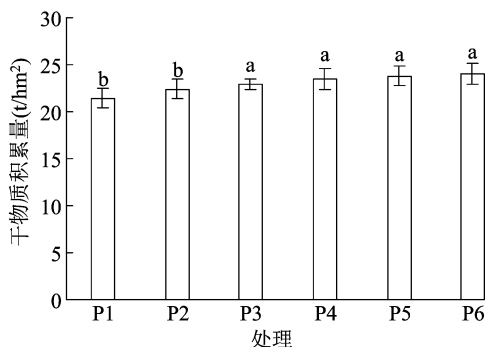
2.2 不同磷素用量对玉米干物质总量的影响

由图 1 可知,随磷肥用量的增加,玉米干物质积累量也在逐渐增加,各施肥处理的玉米干物质积累量均高于不施磷肥(P1)处理。各个施肥处理之间的玉米干物质积累量具体表现为 P6 处理 > P5 处理 > P4 处理 > P3 处理 > P2 处理 > P1 处理,其中 P6 处理

的干物质积累量最高,为 24.04 t/hm²,其次是 P5 处理(23.77 t/hm²),P2 处理为 22.40 t/hm²,三者较 P1 处理分别提高了 12.15%、10.90%、4.53%。说明施用磷肥能提高玉米干物质质量的累积。

2.3 不同磷素用量对玉米各器官中氮素含量的影响

由图 2 可知,玉米植株各器官中的氮素积累量表



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图2至图4同

图1 不同处理对夏玉米干物质积累量的影响

现为籽粒 > 叶片 > 茎秆 > 根系;另外,不同磷肥施用量处理下玉米植株中氮素总累积量表现为 P6 处理 > P5 处理 > P4 处理 > P2 处理 > P3 处理 > P1 处理,其

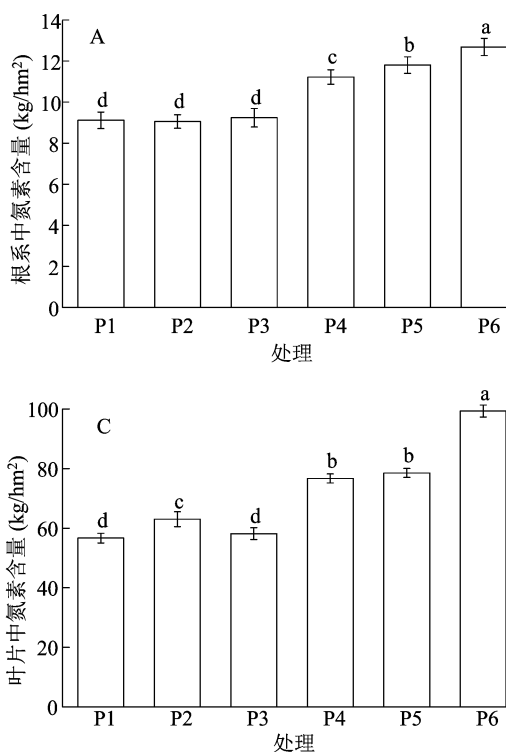
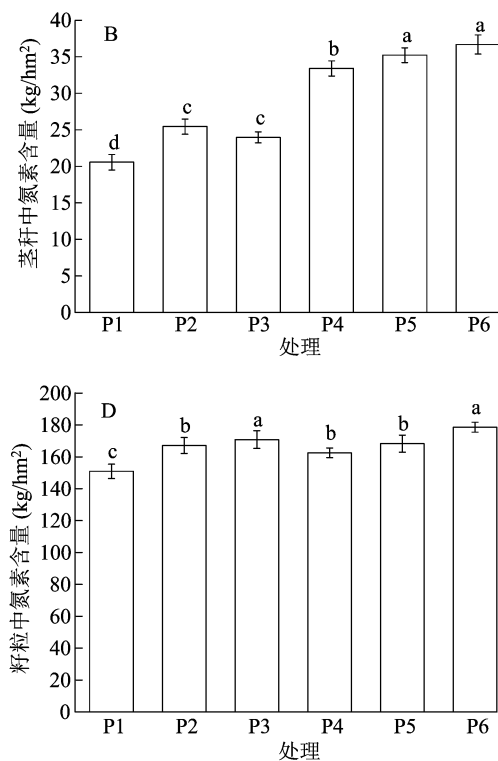


图2 氮素在玉米根、茎、叶、籽粒中的分布

2.4 不同磷素用量对玉米各器官中磷素含量的影响

由图3可知,磷素在玉米各器官中的累积量表现为籽粒 > 叶片 > 茎秆 > 根系;不同磷肥施用量处理下玉米植株磷素总累积量表现为 P6 处理 > P5 处理 > P4 处理 > P3 处理 > P2 处理 > P1 处理。其中, P6 处理的磷素累积量最高,为 68.94 kg/hm^2 ,其次是 P5 处理(62.27 kg/hm^2), P2 处理为 53.91 kg/hm^2 ,三者较 P1 处理分别高出 54.15% 、 39.24% 、 20.56% 。施用磷肥增加了玉米根、茎、叶、籽粒中的磷素累积

中 P6 处理的氮素累积量最高,为 327.25 kg/hm^2 ,其次是 P5 处理 (293.84 kg/hm^2), P2 处理为 264.67 kg/hm^2 ,三者较 P1 处理分别高出 37.95% 、 23.86% 、 11.56% 。玉米根、茎、叶、籽粒中氮素含量随磷肥用量的增加呈现升高趋势,其中, P6 处理较 P1 处理分别提高 39.20% 、 78.35% 、 75.28% 、 18.34% , P5 处理较 P1 处理分别提高 29.52% 、 71.24% 、 38.62% 、 11.52% , P2 处理的根系中氮素含量和 P1 处理无显著差异,茎、叶、籽粒中氮素含量较 P1 处理分别显著高出 23.70% 、 11.25% 、 10.76% 。结果表明,施用磷肥能够有效提高玉米根、茎、叶以及籽粒中的氮素累积量,说明磷肥的施用促进了玉米对氮素的吸收和累积。



量,其中 P6 处理较 P1 处理分别提高 64.16% 、 47.96% 、 115.87% 、 34.99% , P5 处理较 P1 处理分别提高 59.67% 、 51.53% 、 57.64% 、 31.16% , P2 处理较 P1 处理分别高出 5.34% 、 20.55% 、 10.59% 、 24.29% 。结果表明,施用磷肥能够有效提高玉米植株中磷素累积量,其中叶片中磷素累积量增加效果最显著,这可能是由于磷参与光合作用,显著提高了玉米叶片中磷的含量。

2.5 不同磷素用量对玉米各器官中钾素含量的影响

由图4可知,钾素在玉米各器官的累积量表现

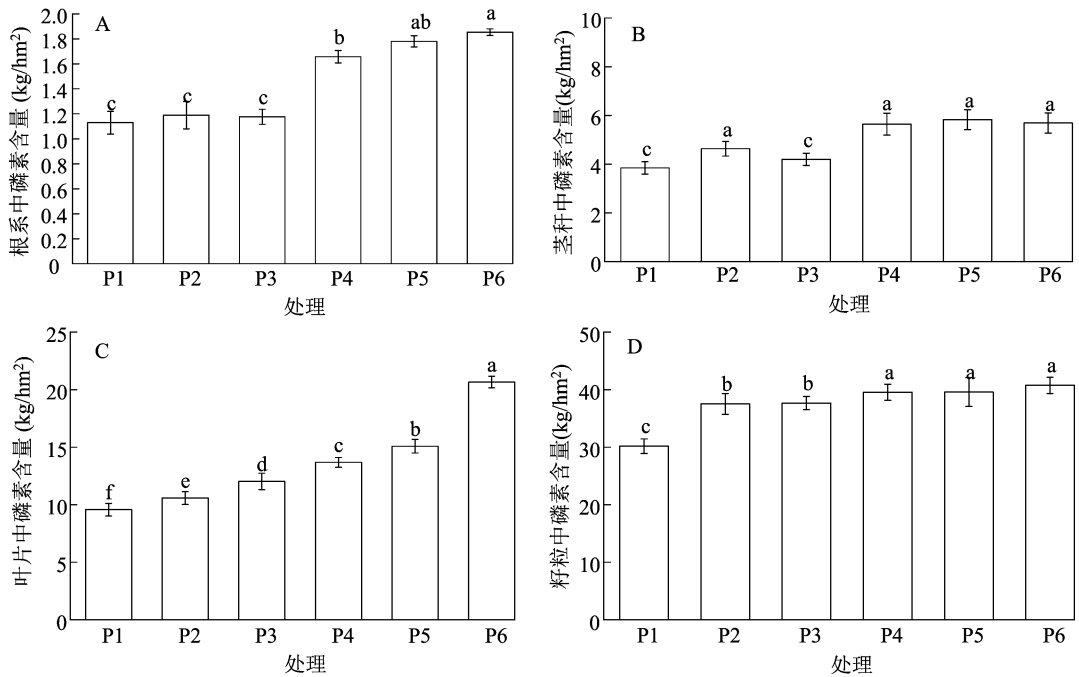


图3 磷素在玉米根、茎、叶、籽粒中的分布

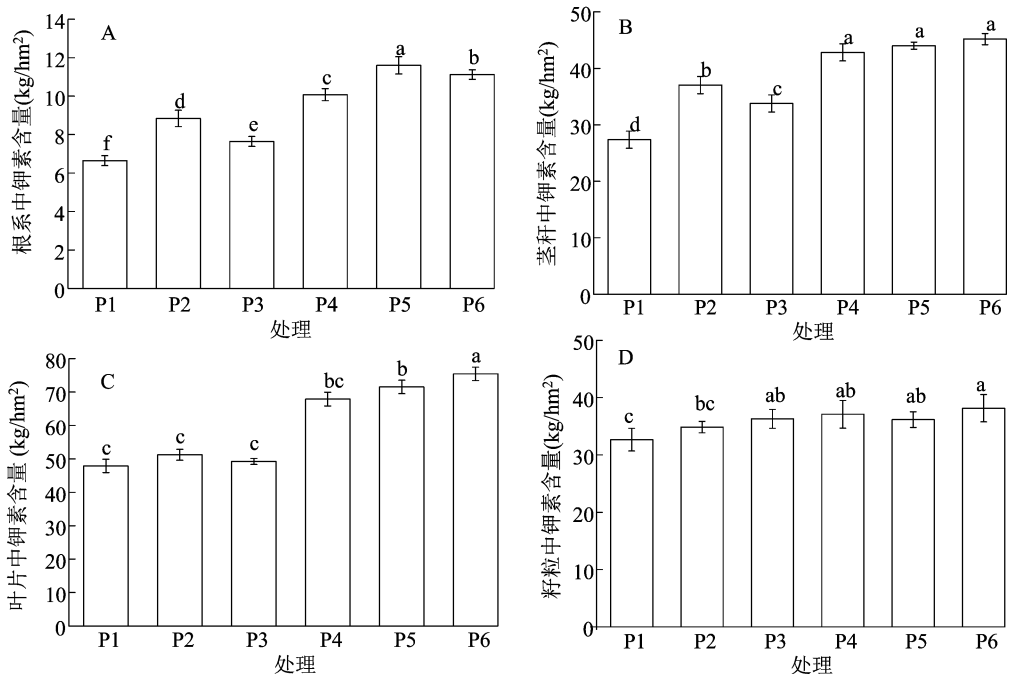


图4 钾素在玉米根、茎、叶、籽粒中的分布

为叶片>茎秆>籽粒>根系;不同磷肥施用量处理下玉米植株钾素总累积量表现为P6处理>P5处理>P4处理>P2处理>P3处理>P1处理。其中,P6处理的钾素累积总量最高,为170.18 kg/hm²,其次是P5处理(163.60 kg/hm²),P2处理为132.17 kg/hm²,三者较P1处理分别高出48.12%、42.33%、15.04%。施用磷肥增加了玉米根、茎、叶、籽粒中的

钾素累积量,其中P6处理较P1处理分别提高67.30%、65.04%、57.52%、16.55%,P5处理较P1处理分别提高74.57%、60.74%、49.33%、10.59%,P2处理较P1处理分别高出33.02%、35.28%、7.00%、6.28%。结果表明,施用磷素可以提高玉米植株中钾素的累积,这可能是磷肥的使用促进了玉米的生长发育,进而提高了玉米对其他养

分的吸收和累积。

2.6 不同磷素用量对玉米产量构成的影响

从表3可以看出,各个处理间玉米穗行数没有显著差异;另外,不同磷肥用量处理的玉米产量均大于不施磷肥处理,不同磷肥用量对玉米穗长、行粒数以及产量的影响均表现为P6处理>P5处理≥P4处理>P3处理>P2处理>P1处理,其中P6处理的玉米穗长、行粒数、百粒质量和产量均最高,较P1处理分别提高了18.18%、22.22%、9.21%、21.68%,其次是P5处理,较P1处理分别提高7.39%、18.52%、3.42%、19.58%,P2处理较P1处理也分别提高1.14%、11.11%、3.93%、7.64%。试验结果表明,施用磷肥可以提高玉米穗长、行粒数、百粒质量等指标,从而提高玉米产量,尤其是对

百粒质量和穗长的提高效果最好,因此合理施用磷肥对提高玉米产量至关重要。

2.7 不同磷素用量对玉米磷肥利用效率的影响

从表4可以看出,随着磷肥施用量的增加,玉米磷肥利用率、磷肥农学效率、磷肥偏生产力以及磷素吸收效率逐渐下降。其中,P6处理较P2处理的磷肥利用效率下降27.87个百分点,磷肥农学效率下降44.41%,磷肥偏生产力下降77.41%,磷素吸收效率下降76.37%。通过不同磷素用量对玉米磷肥利用效率的影响进行比较可以发现,施用磷肥可以有效提高玉米产量,但是随磷肥施用量的增加,磷肥利用效率也在逐渐降低,因此选择合理的磷肥用量对于保证玉米产量,提高磷肥利用效率至关重要。

表3 不同磷素处理对玉米产量构成的影响

处理	穗长 (cm)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)	百粒质量 (g)	产量 (t/hm ²)
P1	17.6 ± 0.4c	14 ± 1.0a	27 ± 2.5c	31.27 ± 0.1b	9.55 ± 0.27e
P2	17.8 ± 0.6c	15 ± 0.9a	30 ± 1.5b	32.50 ± 2.5ab	10.28 ± 0.16d
P3	18.7 ± 0.5b	15 ± 1.2a	31 ± 2.6b	33.30 ± 1.7ab	11.00 ± 0.23c
P4	18.9 ± 0.7b	15 ± 0.6a	32 ± 0.9ab	33.21 ± 2.6ab	11.19 ± 0.23bc
P5	18.9 ± 0.4b	16 ± 0.9a	32 ± 1.4b	32.34 ± 3.3ab	11.42 ± 0.21ab
P6	20.8 ± 0.5a	15 ± 0.7a	33 ± 0.9a	34.15 ± 0.9a	11.62 ± 0.25a

表4 不同磷素用量对玉米磷肥利用效率的影响

处理	磷肥利用率 (%)	磷肥农学效率 (kg/kg)	磷肥偏生产力 (kg/kg)	磷素吸收效率 (kg/kg)
P2	45.33 ± 3.21a	37.40 ± 2.43a	514.49 ± 22.31a	2.37 ± 0.19a
P3	18.95 ± 2.23b	36.40 ± 2.25a	274.95 ± 12.55b	1.15 ± 0.16b
P4	19.15 ± 1.32b	27.42 ± 1.40b	186.45 ± 10.22c	0.83 ± 0.05c
P5	19.00 ± 1.56b	23.46 ± 1.73c	142.73 ± 9.65d	0.67 ± 0.04d
P6	17.46 ± 2.57b	20.79 ± 1.41c	116.21 ± 13.65e	0.56 ± 0.05d

2.8 不同磷素用量与产量、磷肥利用率的关系

由图5可知,对玉米产量、磷肥利用率与磷素用量进行拟合,得出玉米产量与磷肥施用量的回归方程为 $y = 41.245x - 2.201x_2 + 9473.100$ ($r^2 = 0.9308$),根据方程可以得出,当磷肥用量为103 kg/hm²时,玉米产量达到最大值。磷肥利用率和磷肥用量之间的关系为 $y = 188.11x^{-0.544}$ ($r^2 = 0.7962$),可以看出,随着磷肥用量的增加磷肥利用率逐渐降低。通过分析产量和磷肥利用率得出,在该试验条件下磷素用量在60~80 kg/hm²时能保证产量和磷肥利用率。

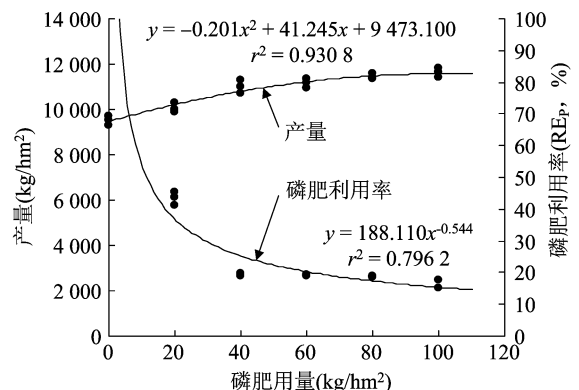


图5 不同磷素用量与产量以及磷肥利用率的关系

3 讨论与结论

磷是植物生长发育不可缺少的营养元素,磷肥的合理施用是保证玉米产量的重要措施,本试验结果表明,增施磷肥能促进玉米对氮磷钾养分的累积,有利于提高玉米产量,这与江帆等的研究结果^[14]一致。虽施用磷肥提高了籽粒的氮素含量,但不同磷肥用量处理之间的籽粒氮素含量增加不明显。氮素在玉米各器官中的含量表现为籽粒>叶片>茎秆>根系,这与王安臻等的研究结果^[6]一致。本研究结果表明,磷素在各器官中的累积量表现为籽粒>叶片>茎秆>根系,增施磷肥显著增加了玉米籽粒和叶片中磷素累积量,但磷肥用量在20~80 kg/hm²时籽粒中磷素累积量差异不显著,这与颜晓军等的研究结果^[15]一致。钾素在植株中的累积量常因作物种类和器官不同而有所区别^[6],本研究结果表明,玉米各器官中钾素含量表现为叶片>茎秆>籽粒>根系,试验结果显示,钾素主要存在于叶片中,这与杨欢等的研究结果^[16]存在差异,可能是由玉米品种以及叶鞘的划分不同造成的。

从土壤养分角度看,施用磷肥的处理土壤全氮、碱解氮含量有所降低,但土壤中有机质以及速效钾含量变化不显著,这可能是由于氮磷交互作用促进了玉米对氮素的吸收,而钾素在土壤中移动性较强,从而导致含量变化不显著,这与吴启华等的研究结果^[17]一致。干物质累积是玉米生长发育的基础,本研究结果表明,增施磷肥可以显著增加玉米干物质累积量,这与前人的研究结果^[18-19]一致。

本研究结果表明,随着磷肥用量的增加,玉米穗长、行粒数、百粒质量以及产量都明显增加,这与郝中明等的研究结果^[13]一致。玉米磷肥利用率、磷肥偏生产力、磷素吸收效率、磷肥农学效率均随磷肥用量的增加而降低,这与李前等的研究结果^[20]一致。

综上,施用磷肥可以促进玉米对土壤中氮磷钾养分的吸收,提高玉米植株中氮磷钾养分累积量,促进玉米籽粒中养分累积,最终提高玉米产量;但随磷肥用量的增加,玉米产量的提高逐渐减小,磷肥利用率也在逐渐下降,最终造成生产成本的升高、磷肥流失浪费以及环境污染等问题。因此,在本试验条件下,结合玉米产量、养分累积、磷肥利用率等指标,磷肥施用量在60~80 kg/hm²时既能保证玉米产量,又能实现磷肥减施增效的目的。

参考文献:

- [1] 郎印海, 聂俊华. 磷胁迫下番茄应激反应研究[J]. 农业与技术, 1998, 18(5): 20-24.
- [2] Khan M S, Zaidi A, Ahemad M, et al. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi - current perspective [J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2010, 56(1): 73-98.
- [3] 程明芳, 何萍, 金继运. 我国主要作物磷肥利用率的研究进展[J]. 作物杂志, 2010(1): 12-14.
- [4] Hart M R, Quin B F, Nguyen M L. Phosphorus runoff from agricultural land and direct fertilizer effects: a review [J]. Journal of Environmental Quality, 2004, 33(6): 1954-1972.
- [5] 武慧, 刘培源, 王禹佳, 等. 水杨酸对盐胁迫下玉米根系的影响[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2018, 39(4): 102-105.
- [6] 王安臻, 皇甫呈惠, 高占, 等. 缓控释肥对玉米氮磷钾养分分配及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(12): 58-62.
- [7] Schmidt J, Beegle D, Zhu Q, et al. Improving in-season nitrogen recommendations for maize using an active sensor [J]. Field Crops Research, 2011, 120(1): 94-101.
- [8] 李川, 乔江方, 朱卫红, 等. 不同磷肥处理对夏玉米干物质累积量及磷素吸收量的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12): 107-114.
- [9] 李文娟, 何萍, 金继运. 钾素营养对玉米生育后期干物质和养分积累与转运的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 799-807.
- [10] 孙恒, 胡强, 陈骏飞, 等. 磷肥施用量对玉米产量、土壤无机磷及磷肥利用率的影响[J]. 江西农业学报, 2015, 27(7): 62-64, 68.
- [11] 张磊, 都钧, 孔丽丽, 等. 施磷对东北黑土区春玉米产量、磷素吸收利用及土壤磷素平衡的影响[J]. 东北农业科学, 2020, 45(5): 38-42.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 2版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000: 263-270.
- [13] 郝中明, 李翠兰, 刘杭, 等. 施磷对春玉米磷肥利用及土壤磷素转化的影响[J/OL]. 吉林农业大学学报, (2020-07-03) [2021-07-01]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2020.5761>
- [14] 江帆, 张玉平, 李安乡, 等. 不同磷肥用量对玉米产量及磷素流失的影响[J]. 天津农业科学, 2019, 25(3): 50-55.
- [15] 颜晓军, 叶德练, 苏达, 等. 磷肥用量对甜玉米磷素吸收利用的影响[J]. 作物学报, 2021, 47(1): 169-176.
- [16] 杨欢, 赵浚宇, 施凯, 等. 磷素施用对鲜食糯玉米养分分配和产量的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(1): 148-155.
- [17] 吴启华, 陈迪文, 周文灵, 等. 高磷土壤减量施磷对果蔗磷肥利用效率和土壤酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2021(3): 91-98.
- [18] 金鑫, 曾新颖, 齐昌国, 等. 供磷水平对玉米丛枝菌根侵染及其对异质养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(1): 163-169.
- [19] 黄岩, 曹国军, 耿玉辉, 等. 降水量与施磷量对黑土区玉米产量及磷素吸收利用的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(1): 142-148.
- [20] 李前, 侯云鹏, 高军, 等. 不同供磷水平对水稻干物质累积、磷素吸收分配及产量的影响[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(3): 37-41.