

磷肥不同施用量对玉米经济系数·产量和磷肥指标的影响

周小芹, 杨志奇*, 赵尚文, 温宏昌, 张喜平, 吕莉莉, 田志强 (天水市农业科学研究所, 甘肃天水 741000)

摘要 针对天水市磷肥施用情况及磷肥利用率不高等问题, 研究磷肥不同施用量对玉米生育期、经济指标、籽粒产量、磷肥贡献率、偏生产力 and 农学效率的影响。结果表明, 磷肥不同施用量对玉米生育期及经济性状的影响不同; 施磷(P_2O_5) 174.0、217.5 kg/hm² 时拔节期较减磷处理延迟 1~2 d, 大喇叭口期较不施磷处理和减磷处理提前 1~2 d; 可以影响玉米的株高、穗粗、秃顶长和千粒重等产量构成因素, 千粒重在一定程度上与磷肥的施用量呈正相关; 玉米的籽粒产量随着磷肥施用量的增加而增加, 施磷(P_2O_5) 217.5 kg/hm² 最高达 11 112.15 kg/hm², 不施磷(P_2O_5) 处理最低为 7 750.5 kg/hm², 差异显著; 磷肥贡献率随着施磷量的增加呈递增趋势, 磷肥贡献率为 12.53%~30.25%, 施磷(P_2O_5) 217.5 kg/hm² 时磷肥贡献率最高为 30.25%, 磷肥的农学效率和偏生产力与磷肥施用量呈负相关。表明在 天水半干旱山区黄绵土土壤上, 在保障玉米籽粒产量的同时, 从经济和环境胁迫等方面考虑区域内玉米的经济安全施磷量应控制在施有机肥一般施磷(P_2O_5) 87.0~174.0 kg/hm², 不施有机肥一般施磷(P_2O_5) 不超过 217.5 kg/hm²。

关键词 施用磷量; 玉米; 产量; 经济系数; 磷肥指标

中图分类号 S513

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)20-0137-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.035

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Application Rates of Phosphate Fertilizer on Economic Coefficient, Yield and Phosphate Fertilizer Index of Maize
ZHOU Xiao-qin, YANG Zhi-qi, ZHAO Shang-wen et al (Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741000)

Abstract Aiming at the application of phosphate fertilizer and the low utilization rate of phosphate fertilizer in Tianshui City, the effects of different application rates of phosphate fertilizer on growth period, economic indicators, grain yield, contribution rate of phosphate fertilizer, partial productivity and agronomic efficiency of corn were studied. The results showed that the effects of different application rates of phosphate fertilizer on growth period and economic characters of maize were different. When phosphorus (P_2O_5) was applied at 174.0 and 217.5 kg/hm², the jointing stage was 1–2 days later than that of phosphorus reduction treatment, and the bell mouth stage was 1–2 days earlier than that of no phosphorus application and phosphorus reduction treatment. The yield components of maize such as plant height, ear diameter, bald head length and 1 000-grain weight could be affected. The 1 000-grain weight was positively related to the amount of phosphate fertilizer applied to a certain extent; the grain yield of maize increased with the increase of phosphorus fertilizer application. The highest phosphorus (P_2O_5) application was 217.5 kg/hm², reaching 11 112.15 kg/hm², and the lowest phosphorus (P_2O_5) application was 7 750.5 kg/hm². The contribution rate of phosphorus fertilizer increased with the increase of phosphorus application amount. The contribution rate of phosphorus fertilizer was 12.53%–30.25%, and the contribution rate of phosphorus (P_2O_5) 217.5 kg/hm² was the highest 30.25%. The agronomic efficiency and partial productivity of phosphorus fertilizer were negatively correlated with the application amount of phosphorus fertilizer. The results showed that on the yellow soil of Tianshui semi-arid Mountain area, the economic and environmental stress should be taken into consideration while ensuring the grain yield of corn. The economic and safe phosphorus application amount of corn in the region should be controlled at 87.0–174.0 kg/hm² for applying organic fertilizer (P_2O_5), and 217.5 kg/hm² for applying no organic fertilizer (P_2O_5).

Key words Phosphorus application amount; Corn; Yield; Economic coefficient; Phosphate fertilizer index

磷是作物生长不可缺少的重要元素之一, 以多种方式参与植物体内各种生物化学过程, 对促进植物生长发育和新陈代谢起着非常重要的作用^[1]。磷有施入不同土壤极易被固持等特征, 研究表明, 磷在当季作物的利用率仅为 10%~25%^[2]。因磷肥利用率低, 如不科学合理地施用磷肥, 必然造成直接的经济损失; 长此以往, 还会严重破坏土壤结构。同时, 部分磷还会随地表径流, 由陆地生态系统向水体生态系统迁移, 加速了水体的富营养化, 造成水域环境胁迫^[3]。黄土高原地区是我国重要旱作农业区, 区域内土壤贫瘠, 水资源严重缺乏, 土壤养分和水分是限制农业发展的主要因素, 长期生产实践证明, 通过增加肥料投入培肥土壤, 是提高该区粮食单产、实现农业可持续发展的关键措施, 特别是施用磷肥^[4]。近几年, 种植户为了提高作物产量, 盲目大量施用化肥, 导致农业成本增加、磷素在土壤中积累过度, 如何合理施肥, 在保障作物产量的同时, 又能降低环境风险还能提

高耕地土壤肥力是发展绿色农业的有效途径。笔者通过田间试验, 在同等有机肥、氮肥和钾肥条件下, 研究了磷肥不同施用量对玉米经济系数、产量和磷肥指标的影响, 以期为天安市干旱半干旱区玉米磷肥的合理施用和化肥零增长提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试作物为春玉米, 指示品种为中单 2 号; 氮肥为尿素 (含 N 46.4%); 磷肥为过磷酸钙 (含 P_2O_5 12%); 钾肥为硫酸钾 (含 K_2O 51%); 地膜采用 0.01 mm 白膜。

1.2 试验地概况 试验设在天安市秦州区中梁镇三湾村 (天水市农业科学研究所试验田), 该区属半干旱山区, 年平均气温为 11 ℃ 左右, 海拔 1 650 m, 降雨量 500~850 mm。试验地土壤属中壤黄绵土。前茬作物玉米, 有机肥为鸡粪, 当地小型养鸡场购买, 腐熟期超过 90 d。试验前测定 0~20 cm 耕层土壤基本理化性状为有机质 16.8 g/kg, 全氮 0.98 g/kg, 全磷 0.86 g/kg, 全钾 20.2 g/kg, 碱解氮 69.8 mg/kg, 速效磷 22 mg/kg, 速效钾 102 mg/kg, pH 8.32。前茬作物玉米。有机肥 (鸡粪) 有机质、全氮、全磷和全钾含量分别为 44.07、3.12、1.52 和 13.60 g/kg; 碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为

基金项目 天水市科技支撑计划项目 (2021-NCK-1541)。

作者简介 周小芹 (1978—) 女, 甘肃天水人, 工程师, 从事作物栽培方面的研究。* 通信作者, 助理研究员, 从事植物营养与土壤肥料方面的研究。

收稿日期 2021-12-04

252.25、268.9 和 1 635 mg/kg。

1.3 试验设计 试验共设 6 个处理,小区面积 30 m²,3 次重复。施有机肥 7 500 kg/hm²、N 69 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²,施 P₂O₅ 分别为 0、43.5、87.0、130.5、174.0 和 217.5 kg/hm²,均按照 P₀、P_{43.5}、P_{87.0}、P_{130.5}、P_{174.0} 和 P_{217.5} 标识各个处理。有机肥和肥料结合整地一次性施入。栽培方式,结合当地种植习惯,条膜覆盖,先铺膜后 7 d 人工点播,保苗 6.0 万~6.6 万株/hm²,其他田间管理措施同当地大田。成熟期每小区分别选取具有代表特征的玉米 20 株,从根部距地面 5 cm 切割,带室内风干后测定株高、穗长、穗粗、秃顶长、穗行数、行粒数、千粒重。小区单打单收,籽粒脱粒后晒干称取籽粒产量。

1.4 数据分析 数据采用软件 Excel 作图,DPS 8.00 进行数据显著性分析,并用 LSD 法检验差异显著性。

磷肥贡献率=(施磷区产量-不施磷区产量)/施磷区产

量×100%

磷肥农学利用率(kg/kg)=(施磷区籽粒产量-无磷区籽粒产量)/施磷量

磷肥偏生产力(kg/kg)=籽粒产量/磷肥(P₂O₅)用量

2 结果与分析

2.1 磷肥不同施用量对玉米生育时期的影响 由表 1 可知,不同施磷(P)处理对玉米生育期的影响不同。施磷174.0、217.5 kg/hm² 时拔节期较减磷处理延迟 1~2 d,大喇叭口期较不施磷处理和减磷处理提前 1~2 d。随着生育进程的推进,不同施磷(P)处理,由于供磷量的不同,影响玉米的生长。不施磷和施磷较少的处理由于磷肥供应不足,拔节期提前,影响有效完成干物质累积。而不同施磷处理,玉米成熟期和生育期又不尽相同,玉米的生育期随着磷肥施用量的不同相差 1~3 d,呈现不规律的变化。

表 1 不同种植模式及施肥量对玉米生育期的影响

Table 1 Effects of different planting patterns and fertilization on corn growth period

处理 Treatment	播种期 Sowing stage	出苗期 Emergence stage	拔节期 Jointing stage	大喇叭口期 Big bell mouth stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature period	全生育期 Whole growth period//d
P ₀	04-13	04-28	06-10	06-26	07-08	09-06	146
P _{43.5}	04-13	04-28	06-12	06-23	07-08	09-03	143
P _{87.0}	04-13	04-28	06-10	06-26	07-08	09-04	144
P _{130.5}	04-13	04-28	06-10	06-24	07-08	09-06	146
P _{174.0}	04-13	04-28	06-12	06-24	07-08	09-04	144
P _{217.5}	04-13	04-28	06-12	06-24	07-08	09-06	146

2.2 磷肥不同施用量对玉米经济性状的影响 由表 2 可知,不同磷肥处理下,P_{217.5}和 P_{130.5}株高、穗粗、秃顶长、千粒重均优于 P₀、P_{43.5}、P_{87.0}处理,穗长、穗行数和行粒数处理间差异较小,相对比较稳定,磷肥的施用量直接影响玉米的株高、穗粗、秃顶长和千粒重等,株高、穗长、穗粗处理间在 0.01 水平

差异不显著,而在 0.05 水平时不同磷肥处理差异显著,株高、穗长、穗粗没有随着磷肥施用量的变化发生规律性的变化,而千粒重随着磷肥施用量的增加不断增加,说明磷肥的施用在一定程度可以提高玉米籽粒的千粒重。

表 2 不同种植模式及施肥量对玉米经济性状的影响

Table 2 Effects of different planting patterns and fertilization on economic characteristics of corn

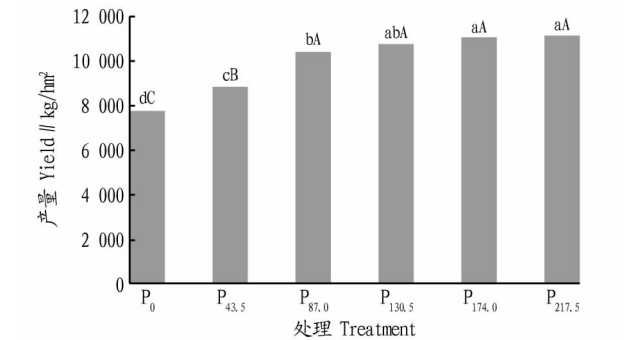
处理 Treatment	株高 Plant height cm	穗长 Spike length cm	穗粗 Ear diameter cm	秃顶长 Baldheaded length//cm	穗行数 Rows per ear//行	行粒数 Number of grains per row//粒	千粒重 1 000-grain weight//g
P ₀	215.37 abA	22.43 abA	16.87 abA	1.53 aA	13.30 aA	35.10 aA	301.32 fF
P _{43.5}	212.90 bA	21.47 bA	16.53 bA	0.51 aA	13.40 aA	37.43 aA	323.21 eE
P _{87.0}	219.20 abA	23.07 aA	17.20 aA	0.60 aA	13.80 aA	36.97 aA	330.52 dD
P _{130.5}	227.23 aA	22.64 abA	17.24 aA	0.23 aA	13.82 aA	39.56 aA	334.73 cC
P _{174.0}	222.93 abA	22.34 abA	16.78 abA	0.54 aA	13.00 aA	35.74 aA	345.69 bB
P _{217.5}	226.57 aA	22.27 abA	17.20 aA	0.26 aA	13.27 aA	35.73 aA	351.00 aA

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05);不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)
Note:Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level;different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

2.3 磷肥不同施用量对玉米籽粒产量的影响 从图 1 可以看出,玉米籽粒产量随着磷肥施用量的增加而增加,P_{217.5}最高,达 11 112.15 kg/hm²,P₀ 最低为 7 750.50 kg/hm²,P_{43.5}、P_{87.0}、P_{130.5}、P_{174.0} 和 P_{217.5} 较 P₀ 分别提高 14.33%、34.43%、39.08%、42.95%和 43.37%,差异显著。P_{217.5}处理籽粒产量较 P_{43.5}、P_{87.0}、P_{130.5}、P_{174.0} 分别提高 25.40%、6.65%、3.09%、0.30%,施磷处理之间差异不显著,尤其 P_{174.0} 其玉米籽粒产量仅提高

0.30%,相对于施磷水平可以忽略不计。

2.4 磷肥不同施用量对磷肥贡献率、农学利用率和偏生产力的影响 由表 3 可知,磷肥贡献率随着施磷量的增加呈递增趋势,磷肥贡献率为 12.53%~30.25%,P_{217.5}磷肥贡献率最高为 30.25%,较 P_{174.0} 的磷肥贡献率 30.05%高 0.2 百分点,玉米籽粒产量 P_{217.5} 较 P_{174.0} 高 0.30%,从磷肥贡献率和籽粒产量两方面看,P_{174.0} 的磷肥贡献率 30.05%较为合理。从磷肥的农学



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示不同处理间差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level; different capital letters indicated extremely significant difference at 0.01 level

图1 不同磷肥处理玉米籽粒产量

Fig.1 Corn grain yield under different phosphate fertilizer treatments

效率和磷肥偏生产力看,不同施磷量之间存在差异,随着施磷量的增加均呈递减趋势。

表3 磷肥不同施用量对肥效指标的影响

Table 3 Effect of different application rates of phosphate fertilizer on fertilizer efficiency index

处理 Treatment	磷肥贡献率 Contribution rate of phosphate fertilizer// %	磷肥农学利用率 Agronomic utilization rate of phosphate fertilizer// kg/kg	磷肥偏生产力 Partial productivity of phosphate fertilizer// kg/kg
P ₀	0	0	0
P _{43.5}	12.53	25.53	193.36
P _{87.0}	25.61	30.67	119.76
P _{130.5}	28.10	23.21	82.60
P _{174.0}	30.05	19.13	63.68
P _{217.5}	30.25	15.46	51.09

3 结论与讨论

不同施磷处理对玉米生育期的影响不同,施磷174.0、217.5 kg/hm²时拔节期较减磷处理延迟1~2 d,大喇叭口期较不施磷处理和减磷处理提前1~2 d。而不同施磷处理,玉米成熟期和生育期又不尽相同;不同磷肥处理影响玉米的株高、穗粗、秃顶长、千粒重,而穗长、穗行数和行粒数处理间差异较小,P_{217.5}和P_{130.5}株高、穗粗、秃顶长、千粒重均优于P₀、P_{43.5}、P_{87.0}处理,磷肥的施用对玉米的生长发育有明显的影

响;陈书强等^[5]研究表明,随着施磷量的增加,玉米株高呈增加趋势,而穗长、穗行数、行粒数、千粒重和产量均呈抛物线变化,5项指标均以75 kg/hm²最大;研究显示,提高磷肥施用量可以增强玉米长势,但并非施磷量越大时效果越好,穗长、穗行数、行粒数、千粒重和产量均以施磷量75 kg/hm²处理最大,表明只有适量施用磷肥才可以改善玉米产量构成因子,提高产量水平。

理籽粒产量较P_{43.5}、P_{87.0}、P_{130.5}、P_{174.0}分别提高25.40%、6.65%、3.09%、0.30%,施磷处理之间差异不显著,尤其P_{174.0}其玉米籽粒产量仅提高0.30%,相对于施磷水平可以忽略不计。宇万太等^[6]研究显示,施磷玉米增产24.2%~27.8%,1 kg磷肥增产玉米19.21~69.54 kg。适量施用磷肥可以减少玉米产量年际间的波动,起到稳产的作用。韩秉进等^[7]研究显示,在大豆-玉米轮作区,施磷比无肥区增加45.2~47.0 kg/hm²。张爱君等^[8]研究表明,在江苏黄潮土上,在施用氮肥的基础上施用磷肥使玉米产量从5 115.0 kg/hm²提高到6 130.5 kg/hm²。孙恒等^[9]研究表明,施用磷肥对玉米籽粒产量有一定的影响,施磷量在0~120 kg/hm²时,玉米籽粒产量随施磷量的增加而增加,施磷量在120~480 kg/hm²时,玉米籽粒产量随施磷量的增加而降低,但玉米籽粒产量降低不显著。张宝贵等^[2]研究显示,施肥对玉米籽粒中N、P、K养分的吸收量及含量均有一定的影响,其中磷肥的影响最大,施用磷肥的处理比不施磷肥处理玉米籽粒中磷素吸收量提高了9.8~10.5 kg/hm²。刘德江等^[10]研究显示,氮、磷、钾肥对玉米产量的贡献率分别是6.18%、20.69%、12.42%,磷肥对玉米产量的贡献率相对最高。至于该地区施磷量多大,会降低玉米产量需要进一步研究,但从资源节约和生态安全等方面考虑,该地区玉米的经济安全施磷量应控制在174 kg/hm²以下。

磷肥贡献率在一定范围内与磷肥施用量呈正相关,从P₀~P_{217.5}其变幅为12.53%~30.25%,P_{217.5}磷肥贡献率最高30.25%,较P_{174.0}的磷肥贡献率30.05%高0.2百分点,就玉米籽粒产量P_{217.5}较P_{174.0}高0.30%,从磷肥贡献率和籽粒产量两方面看,P_{174.0}的磷肥贡献率30.05%较为合理;从磷肥的农学效率和磷肥偏生产力看,不同施磷量之间存在差异,随着施磷量的增加均呈递减趋势;玉米磷肥农学效率和偏生产力与磷肥施用量呈负相关,研究发现,磷肥施用不足虽能提高磷肥的农学效率和偏生产力,但明显降低了产量收益,而高施磷量的农学效益和偏生产力低下,不利于资源节约和环境友好,P_{174.0}处理的农学效率为19.13 kg/kg,偏生产力为63.68 kg/kg,贡献率30.05%,在该区域可以保证玉米籽粒产量,同时利于资源节约、环境友好又可以培肥土壤。

磷肥施用量的不同可以影响玉米的生育期、产量、株高、穗粗、秃顶长、千粒重等,当施磷量达87.0 kg/hm²时,继续施磷对玉米籽粒的产量影响逐渐变小;当达174.0 kg/hm²以上时,施磷对玉米籽粒产量的贡献可以忽略不计。该试验结果认为,在水半干旱山区黄绵土壤上玉米磷的施用量为施有机肥一般施87.0~174.0 kg/hm²,不施有机肥一般不超过217.5 kg/hm²。

参考文献

[1] 胡国智,张炎,胡伟,等.施磷对棉花磷素吸收、利用和产量的影响[J].中国土壤与肥料,2010(4):27-31.

[2] 张宝贵,李贵桐.土壤生物在土壤磷有效化中的作用[J].土壤学报,1998,35(1):104-111.

[3] 尹飞虎,康金花,黄子蔚,等.棉花滴灌随水施滴灌专用肥中磷素的移动和利用率的研究[J].西北农业学报,2005,14(6):199-204.

[4] 陈璐,党廷辉,杨绍琼,等.黄土旱塬施肥对土壤颗粒组成及其有效磷富集的影响研究[J].水土保持学报,2011,25(3):151-153,159.

在作物生殖器官中的分配会随着施氮量的增加而提高,过量施氮则会下降。张宏等^[12]研究表明,施氮量在 0~220 kg/hm²时,棉花对氮磷钾的吸收显著增加,继续增加施氮量后,棉花对氮磷钾吸收影响不显著,且会造成氮肥的损失。该试验中,施氮量的增加能够提高植株中氮元素吸收量,但对磷钾的吸收变化不明显。刘玉春等^[15]研究不同施氮量对大麦产量和蛋白质含量的影响发现,施用氮肥越多,籽粒中氮元素及蛋白质含量越高。宋英博^[16]研究发现,随着施氮量的增加大豆中的氮素含量先升高后降低。与该试验结果相同。该试验通过对不同品种吸收的养分含量可以看出,随着施氮量的增加籽粒中的氮元素含量先升高后降低。光明藜麦 1 号与光明藜麦 2 号籽粒中吸收的氮元素差异不大,但光明藜麦 1 号植株中各处理氮元素含量均高于光明藜麦 2 号,说明光明藜麦 1 号维持植株生长需要氮元素更多,且植株转移到籽粒中的氮元素相对较少,大部分用于植株生长,因此,如果在相同施氮量的前提下,光明藜麦 1 号对氮素的吸收率更高,光明藜麦 2 号对氮素的利用率会更高。

作物的品种、栽培方式等都会影响作物对氮肥的吸收和利用。氮肥农学效率、氮肥偏生产力、氮肥表观利用率和氮肥贡献率经常用来表示作物对氮素的利用指标,能够从不同方面反映作物对氮肥的利用率^[17-18]。王秀斌等^[19]研究氮肥不同用量对双季稻产量和氮肥利用率的影响,结果表明,随着施氮量的增加,氮肥贡献率先升后降降低的趋势,且低、中产田块大于高产田块,氮肥农学利用率、氮肥吸收利用率和氮肥偏生产力随着施氮量的增加而降低。王斌等^[20]研究发现水氮耦合对藜麦的生长具有显著协同作用,在灌溉充足的前提下,氮肥农学效率和氮肥利用率呈先升高后不变的状态。该试验结果表明,随着施氮量的增加,氮肥农学效率和氮肥贡献率呈先升高后降低,而偏生产力 2 个品种之间有所不同,光明藜麦 1 号呈先升高后降低趋势,光明藜麦 2 号随着施氮量的增加而呈下降趋势。2 个品种氮肥的表观利用率变化不显著。

4 结论

综合来看,2 个品种对氮肥的吸收利用有一定差异,光明藜麦 1 号在施氮量为 240~270 kg/hm² 时产量较高,在施氮量为 240 kg/hm² 时籽粒吸收氮元素含量、氮肥农学效率、

偏生产力、表观利用率和氮肥贡献率均较高,而光明藜麦 2 号在施氮量为 210~240 kg/hm² 时产量较高,在施氮量为 240~270 kg/hm² 时籽粒吸收氮、钾元素含量、氮肥农学效率、表观利用率和氮肥贡献率较高。

参考文献

[1] 孙宇星,迟文娟.藜麦推广前景分析[J].绿色科技,2017(7):197-198.
[2] 刘栗心,杨许花,高丹丹,等.藜麦的营养价值及其开发利用研究进展[J].现代农业科技,2021(14):218-219,226.
[3] 刘瑞香,郭占斌,马迎梅,等.科尔沁沙地不同品种藜麦的营养价值及青贮研究[J].干旱区资源与环境,2020,34(12):50-56.
[4] 管骁,曹洪伟.藜麦加工、营养与品质调控[J].粮油食品科技,2021,29(4):6-8.
[5] 梁发坤.氮肥不同用量对玉米的影响研究[J].现代农业科技,2014(13):17-18.
[6] 邓中华,明日,李小坤,等.不同密度和氮肥用量对水稻产量、构成因子及氮肥利用率的影响[J].土壤,2015,47(1):20-25.
[7] 王日,施宗根,李莉,等.氮肥用量对科两优 10 号茎蘖及产量影响的研究[J].安徽农学通报,2019,25(23):103-105.
[8] 康小华,沈宝云,王海龙,等.不同氮肥施用量及基追比对藜麦产量及经济性状的影响[J].农学报,2017,7(12):34-37.
[9] SCHULTE AUF'M ERLEY G,KAUL H P,KRUSE M,et al.Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization[J].European journal of agronomy,2005,22(1):95-100.
[10] 马畅,吕小红,王宇,等.滨海稻区不同施氮量下梗稻产量与品质的关系[J].江苏农业科学,2021,49(24):70-75.
[11] 蒋进,李小雨,王淑荣,等.不同施氮量对弱筋小麦产量和品质的影响[J].作物研究,2022,36(1):9-13.
[12] 张宏,曾雄,王爱莲,等.不同施氮量对棉花产量、养分吸收及氮素利用的影响[J].新疆农业科学,2021,58(9):1656-1664.
[13] 张燕,李吉睿.永登县高海拔地区不同氮磷施肥对藜麦产量的影响[J].农业科技通讯,2022(2):127-129.
[14] 孙永健,孙园园,李旭毅,等.水氮互作对水稻氮磷钾吸收、转运及分配的影响[J].作物学报,2010,36(4):655-664.
[15] 刘玉春,沈会权,陈小霖,等.施氮量对不同大麦品种产量和蛋白质含量的影响[J].大麦与谷类科学,2007(4):43-45.
[16] 宋英博.不同施氮量对大豆蛋白质和脂肪含量的影响[J].黑龙江农业科学,2010(7):52-53.
[17] 彭少兵,黄见良,钟旭华,等.提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J].中国农业科学,2002,35(9):1095-1103.
[18] 刘立军,桑大志,刘翠莲,等.实时实地氮肥管理对水稻产量和氮素利用率的影响[J].中国农业科学,2003,36(12):1456-1461.
[19] 王秀斌,徐新朋,孙刚,等.氮肥用量对双季稻产量和氮肥利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1279-1286.
[20] 王斌,聂督,赵圆峰,等.水氮耦合对藜麦产量、氮素吸收和水氮利用的影响[J].灌溉排水学报,2020,39(9):87-94.

+++++
(上接第 139 页)

[5] 陈书强,许海涛,段翠平.施磷量对玉米生长发育产量构成因子及品质的影响[J].河北农业科学,2011,15(2):62-64,95.
[6] 宇万太,朱先进,周桦,等.下辽河平原不同磷肥用量对作物产量及潜在养分的影响[J].生态学杂志,2009,28(5):864-871.
[7] 韩秉进,韩晓增,王德建.大豆—玉米轮作区适宜 NPK 用量试验研究[J].土壤通报,2006,37(2):2303-2308.
[8] 张爱君,张明普.淮北黄潮土长期轮作的磷肥合理施用[J].安徽农业大学学报,2000,27(4):336-339.
[9] 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.
[10] 刘德江,齐士发,饶晓娟,等.不同施肥处理对玉米产量及子粒养分积累的影响[J].新疆农业大学学报,2009,32(2):41-44.