

施磷水平对胡麻干物质积累和磷吸收与利用的影响

赵永伟¹, 李 瑛¹, 高玉红^{2,3}, 马伟民¹, 李文珍¹, 刘宝文¹, 汪国锋¹, 王一帆^{2,3}
(1. 定西市农业科学研究所, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为明确胡麻品种对磷肥梯度的响应, 完善胡麻平衡施肥技术, 以胡麻品种轮选2号和定亚22号为指示品种, 在定西旱地梯田研究了不同磷肥水平(P_2O_5 为0、45、90、135 kg/hm²)对胡麻不同品种各器官干物质积累、籽粒产量以及磷肥农学利用率的影响。结果表明, 在现蕾期, 轮选2号施 P_2O_5 135 kg/hm²时茎、叶和蕾的干物质积累量均较高; 而定亚22号施 P_2O_5 45 kg/hm²时蕾的干物质积累量较高, 但茎、叶的干物质积累量较低。在盛花期, 轮选2号的中磷处理(施 P_2O_5 90 kg/hm²)、定亚22号的高磷处理(施 P_2O_5 135 kg/hm²)和低磷处理(施 P_2O_5 45 kg/hm²)均具有显著提高胡麻各器官干物质积累量的优势。成熟期, 轮选2号施 P_2O_5 90 kg/hm²时有利于茎干物质质量的积累, 施磷水平对胡麻成熟期叶片干物质积累量影响不显著, 高磷处理(施 P_2O_5 135 kg/hm²)抑制了胡麻蒴果干物质的积累。高磷处理和中磷处理对轮选2号和定亚22号的茎干物质转运量均具有促进作用, 不施磷处理不利于茎干物质转运。定亚22号施 P_2O_5 45 kg/hm²时, 茎秆磷含量在盛花期增加, 而在成熟期降低, 从而增加了茎秆的磷素转运量, 显著提高了磷肥利用率, 使胡麻籽粒产量提高。综合考虑干物质积累量、籽粒产量、磷肥农学利用率及环境污染等因素, 适宜当地种植的胡麻品种为定亚22号, 施磷(P_2O_5)量以45 kg/hm²为宜。

关键词: 胡麻; 磷肥梯度; 干物质积累量; 产量; 磷肥农学利用

中图分类号: S562.3; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)01-0015-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.01.004

Effects of Phosphate Fertilizer Level on Dry Matter Accumulation, Phosphorus Absorption and Utilization of Flax

ZHAO Yongwei¹, LI Ying¹, GAO Yuhong², MA Weiming¹, LI Wenzhen¹, LIU Baowen¹, WANG Guofeng¹, WANG Yifan^{2,3}

(1. Dingxi Institute of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu 743000, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Arid land Crop Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to clarify the response of flax cultivars to the gradient of phosphate fertilizer and

收稿日期: 2020-09-14; **修订日期:** 2020-11-28

基金项目: 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-2-25); 现代农业产业技术体系项目(CARS-14-1-16)。

作者简介: 赵永伟(1989—), 男, 甘肃定西人, 助理研究员, 主要从事作物栽培及遗传育种研究工作。联系电话: (0)18393235558。Email: 343687710@qq.com。

通信作者: 王一帆(1990—), 女, 甘肃庆阳人, 助理研究员, 主要从事胡麻栽培研究工作。Email: wangyf@gsau.edu.cn。

[8] 丘奉同, 张渝洁, 张 利. 苦菜组织培养与快速繁殖[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(2): 241-242.

[9] 张雪冰, 王 鸿, 张 帆, 等. 山桃外植体的安全消毒方法研究[J]. 甘肃农业科技, 2019

(6): 29-32.

[10] 杜泽宇, 刘 丹, 宗宪春, 等. 雪樱子组织培养及植株再生体系的研究[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 27-29.

(本文责编: 杨 杰)

perfect the balanced fertilization technology. Lunxuan 2 and Dingya 22 were used as test cultivars to study the dry matter accumulation in different organs under different phosphate fertilizer levels (P_2O_5 0 kg/hm², 45 kg/hm², 90 kg/hm², 135 kg/hm²) on dry matter accumulation, grain yield and agronomic utilization rate of different cultivars of flax were studied in the terra. The results showed that the dry matter accumulation of stem, leaf and bud was higher when the phosphorus application amount is P_2O_5 135 kg /hm² at the budding stage, while that of bud was higher when the phosphorus application amount is P_2O_5 45 kg/hm², but the dry matter accumulation of stem and leaf was lower. At the full flowering stage, the treatments of medium phosphorus (P_2O_5 90 kg/hm²), high phosphorus P_2O_5 135 kg/hm² and low phosphorus (P_2O_5 45 kg/hm²) have the advantage of significantly increasing the dry matter accumulation in various organs of flax. In mature stage, it is beneficial to the accumulation of stem dry matter. Phosphorus has no significant effect on the accumulation of leaf dry matter when P_2O_5 was 90 kg/hm². High phosphorus treatment (P_2O_5 135 kg/hm²) inhibits the accumulation of flax capsule dry matter. The treatments of high phosphorus and medium phosphorus promoted the dry matter transportation of the two cultivars and the without phosphorus treatment was not conducive to dry matter transportation. When P_2O_5 45 kg/hm² was applied to Dingya 22, the phosphorus content in flax stems at full flowering stage, but decreased at mature stage thus increasing phosphorus transport in the stems, the utilization rate of phosphate fertilizer was significantly improved, and the grain yield was increased. Considering factors such as dry matter accumulation, grain yield, agronomy utilization rate of phosphate fertilizer and environmental pollution, the flax cultivar suitable for local cultivation is Dingya 22, and the phosphorus (P_2O_5) application amount is 45 kg/hm².

Key words: Flax; Phosphate fertilizer gradient; Accumulation of dry matter; Yield; Agronomic utilization efficiency of phosphate fertilizer

磷素是作物生长的必要元素之一, 参与许多重要物质组成和生命代谢活动, 具有增强作物抗旱和抗寒的能力, 并对作物的生长发育和产量形成有重要影响^[1-2]。作物缺磷会显著影响植株对其他养分的吸收, 抑制生长, 从而降低籽粒产量和品质^[3], 而过量施磷易造成植株呼吸作用加强, 养分大量消耗, 不利于干物质积累和产量的形成^[4]。

胡麻 (*Linum usitatissimum* Linn) 是我国北方地区的重要油料作物, 具有较强的耐旱、耐寒、耐瘠薄能力^[5-7]。甘肃省种植面积 10.09 万 hm², 约占全国面积的 16%^[8], 是我国最大的胡麻种植区。研究表明, 施磷有效地促进了胡麻植株地上部干物质的积累, 对苗期和枞形期胡麻叶片和茎秆干物质积累均具有促进作用, 而且提高了苗期、枞形期胡麻叶片干物质分配比率。随着胡麻生育进程推进, 施磷促进了盛花期茎秆干物质分配比率的增加, 达到全生育期最大值^[9]。另外, 磷肥的施用有助于其他肥料的高效利

用。高氮处理下花后胡麻茎中累积了较多的淀粉, 而适当施磷后花后胡麻茎中淀粉含量较低; 施氮造成了花后胡麻茎中淀粉残留量的提高, 在一定程度上限制了其向籽粒的转移, 施磷保证了现蕾期叶片功能的延续, 促进了营养物质向籽粒的输送^[10]。磷肥的施用与作物叶绿素合成有直接关系^[11], 磷肥促使叶绿素含量升高, 增强了光合能力, 进而提高产量^[12]。叶绿素为胡麻籽粒含油率、籽粒中粗蛋白和亚麻酸质量分数的转化生成提供了一定物质基础^[13]。然而在生产实际中存在重氮肥、轻磷肥的现象, 造成产量不稳, 经济效益低等问题。我们在不同磷肥梯度下, 研究了不同胡麻品种在关键生育时期干物质积累和磷素利用特征, 以期为旱地胡麻平衡施肥提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年在定西市农业科学研究院西寨油料试验站进行。地处黄土高原丘陵

沟壑区，海拔 2 050 m，年平均气温 6 ℃，年日照时数 2 453 h，无霜期 213 d，年降水量 390 mm，2017 年及多年月平均降水量和气温如图 1 所示。试验地为梯田，土壤属黄绵土，肥力中等均匀，前茬小麦。土壤耕层含有机质 9.12 g/kg、全氮 0.99 g/kg、速效氮 48.99 g/kg、全磷 0.67 g/kg、速效磷 27.11 g/kg、速效钾 107.99 g/kg，pH 8.17。

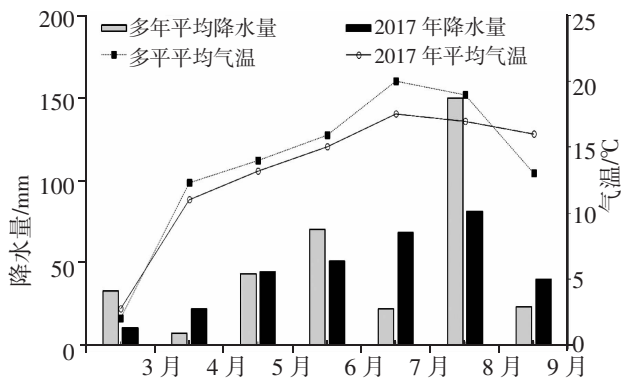


图1 试验区2017年及多年的平均月降水量(mm)和月平均气温(°C)

1.2 供试材料

指示胡麻品种为轮选 2 号和定亚 22 号，均由西市农业科学研究院提供。供试磷肥为普通过磷酸钙(含 P_2O_5 12%)，由甘肃白银虎豹化工有限公司生产并提供；氮肥为尿素(含 N 46%)，由甘肃刘家峡化工集团有限责任公司生产并提供。

1.3 试验方法

试验采用双因素随机区组试验设计，设 2 个胡麻品种，分别为轮选 2 号(V1)和定亚 22 号(V2)。设 4 个磷肥施用水平，分别为 P0(P_2O_5 0 kg/hm²)、P1(P_2O_5 45 kg/hm²)、P2(P_2O_5 90 kg/hm²)、P3(P_2O_5 135 kg/hm²)。试验共设 8 个处理，3 次重复，小区面积 20 m² (5 m × 4 m)。小区间间隔 50 cm，四周设 1 m 的保护行。胡麻种植密度为 50 万株/hm²，条播，播深 3 cm，行距 20 cm。磷肥全部按试验设计做基肥施入，各处理均施 N 120

kg/hm²，其中 2/3 作基肥施入，1/3 在现蕾期追肥。其余田间管理措施与当地大田相同。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 干物质积累量 于现蕾期、盛花期、成熟期进行植株取样，每个小区选取具有代表性且长势基本一致的植株 30 株，分为叶、茎、非籽粒(包括花蕾、花、蒴果等)3 部分。于烘箱中 105 ℃杀青 30 min 后在 80 ℃烘干至恒重，称重得到干物质。

干物质转运量=开花期干重 - 成熟期干重

1.4.2 籽粒产量 按小区计产，去除边行单收获得小区产量，并计算小区平均产量和折合产量。

1.4.3 磷含量、磷素积累量和转运量及磷肥农学利用效率 烘干样用不锈钢旋风粉碎机粉碎后，用浓 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮，并用钒钼黄比色法测定磷含量^[14]。

磷素积累量 = 干物重 × 磷素含量；

磷素运转量 = 盛花期茎磷素积累量 - 成熟期茎磷素的积累量；

磷肥农学利用效率=(施肥区产量-未施肥区产量)/施肥量。

1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS19.0 统计软件进行数据处理和差异显著性分析^[15]。

2 结果分析

2.1 磷梯度对不同胡麻品种不同时期干物质积累的影响

2.1.1 现蕾期 不同品种和磷梯度对胡麻现蕾期干物质积累量的影响差异均显著，二者交互显著(图2)。V1P0 处理的茎干物质积累量最高，较 V2P0 处理、V2P1 处理、V2P2 处理分别高 9.6%、11.2%、9.9%，与其余处理差异不显著。V2P3 处理叶片干物质积累量最高，较 V1P2 处理、V2P1 处理分别提高 12.3%、10.8%，与其余处理差异

不显著。V1P3 处理和 V2P1 处理蕾的干物质积累量无显著差异,较 V1P0 处理、V1P1 处理、V1P2 处理、V2P0 处理、V2P2 处理、V2P3 处理分别提高 34.8%、24.5%、30.6%、52.4%、40.6%、55.3%。综上所述,现蕾期, V1P3 处理下的胡麻茎、叶和蕾的干物质积累量均较高,而 V2P1 处理下胡麻蕾的干物质积累量较高,但其茎、叶干物质积累量较低。

2.1.2 盛花期 不同品种和磷梯度对胡麻盛花期干物质积累量的影响差异显著,二者互作不显著(图3)。高磷处理(P3)和中磷处理(P2)均能显著提高胡麻茎的干物质含量, V1 品种下,高磷处理和中磷处理无显著差异,平均较低磷处理(P1)和不施磷处理(P0)茎干物质分别提高 25.2%和 33.1%; V2 品种下,高磷处理、中磷处理和低磷处理茎干物质积累量均无显著差异,较不施磷处理分别提高 36.2%、17.2%、30.7%。V1 品种下,中磷处理显著提高了叶片干物质积累量,高磷处理具有抑制作用, V1P2 处理较

V1P3 处理、V1P1 处理、V1P0 处理叶片干物质积累量分别提高 10.2%、39.8%、30.1%; V2 品种下,低磷处理和高磷处理的叶片干物质积累量无显著差异,平均较中磷处理和不施磷处理分别提高 22.1%、19.7%。蕾干物质积累量表现出 V1 品种下中磷处理最高,与高磷处理无显著差异,较低磷处理和不施磷处理分别提高 21.3%、15.6%; V2 品种下,不同磷梯度处理间无显著差异,较不施磷处理分别提高 31.2%、26.3%、45.8%。蒴果干物质积累量表现 V1 品种下不同施磷处理间无显著差异,中磷处理较不施磷处理增幅最大,为 17.3%; V2 品种下中磷处理最低,高磷处理、低磷处理、不施磷处理分别较中磷处理提高 40.1%、33.8%、34.7%。综上分析认为, V1 品种下中磷处理、V2 品种下高磷处理和低磷处理均具有显著提高胡麻盛花期各器官干物质积累量的优势。

2.1.3 成熟期 不同品种和磷梯度对胡麻成熟期干物质积累量的影响差异显著,二者互

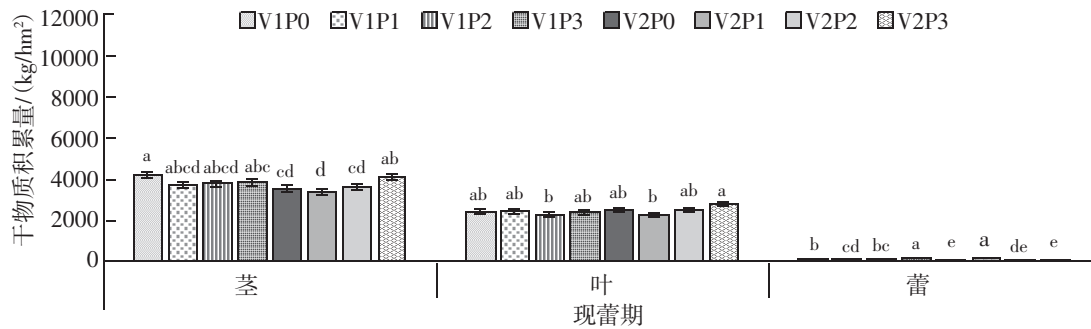


图 2 不同品种和磷梯度对胡麻现蕾期各器官干物质积累的影响

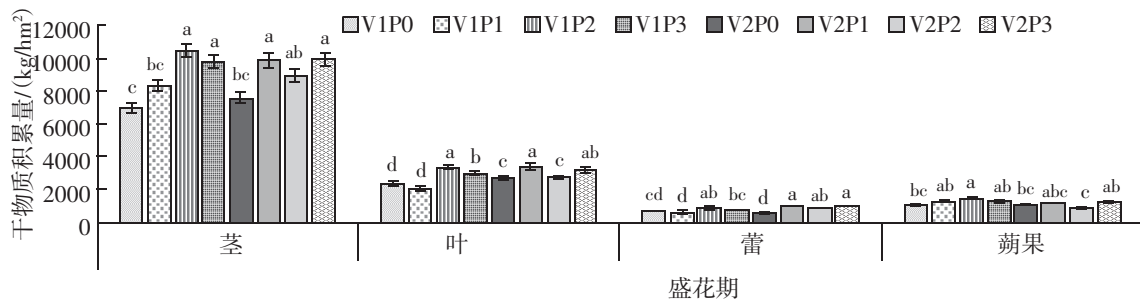


图 3 不同品种和施肥梯度对胡麻盛花期各器官干物质积累的影响

作显著(图4)。V1P2 处理茎干物质积累量最高, 与 V1P1 处理和 V2P0 处理无显著差异, 较 V1P0 处理、V1P3 处理、V2P1 处理、V2P2 处理、V2P3 处理分别提高 18.4%、22.7%、21.9%、49.3%、30.2%。叶片干物质积累量各处理间无显著差异。蒴果干物质积累量表现为 V1P0 处理、V1P1 处理、V1P2 处理、V2P0 处理、V2P1 处理间无显著差异, 且这几个处理平均干物质积累量分别较 V1P3 处理、V2P2 处理、V2P3 处理高 24.3%、44.3%、40.5%。综上所述, 在胡麻成熟期, V1P2 处理有利于茎干物质的积累, 磷对胡麻成熟期叶片干物质积累量影响不显著, 高磷处理抑制了胡麻蒴果干物质积累。

2.2 磷梯度对不同品种胡麻茎干物质转运的影响

磷梯度和品种对胡麻盛花期至成熟期茎干物质转运量的影响差异显著, 二者互作亦显著(图5)。平均 V1P2、V1P3、V2P1、V2P2、V2P3 处理的干物质转运量无显著差异, 平

均较 V1P0 处理、V1P1 处理、V2P0 处理分别高 57.3%、39.4%、47.5%。高磷处理和中磷处理对 2 个品种的茎干物质转运量均具有促进作用, 不施磷处理不利于茎干物质转运。

2.3 磷梯度对不同品种胡麻各器官磷素含量及转运量的影响

从表 1 可以看出, 磷梯度和品种对胡麻茎、叶磷含量的影响差异显著, 二者互作显著。在现蕾期, V2P2 处理、V2P3 处理显著提高茎的磷含量, 平均较 V1P0 处理、V1P1 处理、V1P2 处理、V1P3 处理、V2P0 处理、V2P1 处理分别提高 164.2%、43.6%、194.3%、72.7%、398.2%、127.8%; 叶片含磷量表现为 V1P1 处理最高, 较 V1P0 处理提高 90.6%, 是其余处理含磷量的 3 倍以上。在盛花期, V2P1 处理茎、叶含磷量均最高, 茎磷含量较 V1P0 处理、V1P1 处理、V1P2 处理、V1P3 处理、V2P0 处理、V2P2 处理、V2P3 处理分别高 206.2%、151.9%、62.1%、18.8%、41.8%、25.3%、40.3%; 叶片含磷量较 V1P0 处理、V1P1 处理显著高 65.4%、85.1%。在成熟期, V1P3 处理茎含磷量最高, 较 V1P0 处理、V1P1 处理、V1P2 处理分别高 206.3%、196.0%、168.9%, 较 V2P0 处理、V2P1 处理、V2P2 处理、V2P3 处理分别高 41.8%、46.5%、123.9%、40.9%。茎磷素转运量表现为 V2P1 处理最高, V1P0 处理和 V1P1 处理最低, 较 V2P1 处理平均降低 156.9%, V1P2 处理、V1P3 处理、

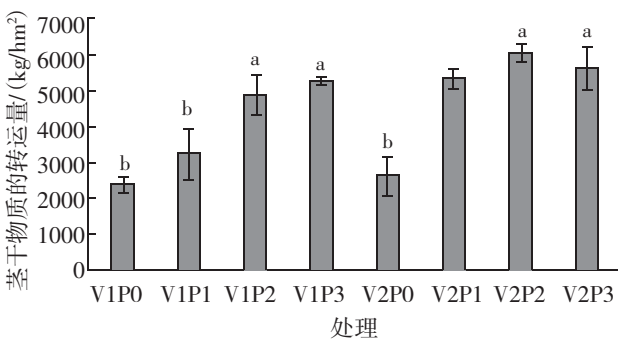


图 5 不同品种和施肥梯度对胡麻盛花期至成熟期干物质转运量的影响

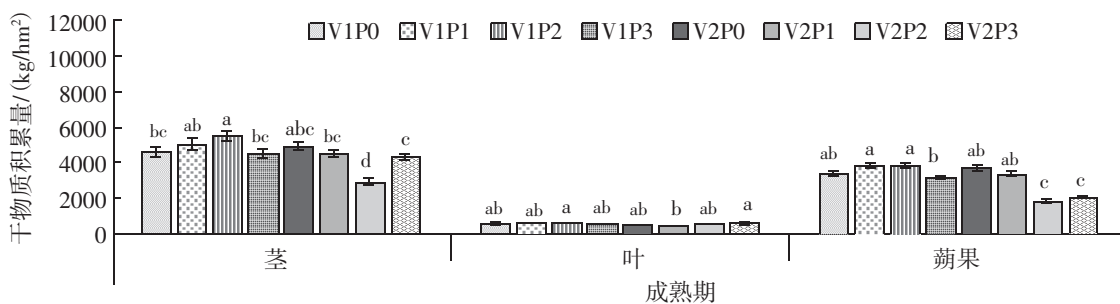


图 4 不同品种和施肥梯度对胡麻成熟期各器官干物质积累的影响

表 1 磷梯度和品种的胡麻各器官磷素含量及盛花期到成熟期茎秆磷素的转运量 kg/hm^2

处理	现蕾期		盛花期		成熟期	盛花期—成熟期
	茎	叶	茎	叶	茎	茎秆磷素转运量
V1P0	3.13 de	8.23 b	16.52 e	18.31 cd	1.44 d	15.09 c
V1P1	5.76 b	15.69 a	17.00 e	16.37 d	1.49 cd	15.65 c
V1P2	2.81 de	3.03 d	26.43 d	26.72 ab	1.64 cd	26.71 b
V1P3	4.79bc	3.02 d	36.06 b	25.32 abc	4.41 a	31.65 b
V2P0	1.66 e	2.33 d	31.32 bcd	21.26 bcd	3.11 b	28.21 b
V2P1	3.63 cd	1.49 d	42.83 a	30.30 a	3.01 b	39.49 a
V2P2	8.19 a	1.53 d	34.19 bc	25.01 abc	1.97 c	32.70 b
V2P3	8.35 a	5.14 c	30.52 cd	22.77 abcd	3.13 b	26.11 b

V2P0 处理、V2P2 处理、V2P3 处理间无显著差异，较 V2P1 处理平均降低 35.8%。综上，V2P1 处理使胡麻茎秆磷含量在盛花期增加，而在成熟期降低，从而提高了茎秆的磷素转运量。

2.4 磷梯度对不同品种胡麻籽粒产量和磷肥农学利用效率的影响

磷肥梯度和品种对胡麻籽粒产量和磷肥农学利用效率(PUE)影响差异显著，二者存在互作效应(图 6)。同一品种下，随着施磷量的增加籽粒产量呈现出先增加后减少的趋势，在 P1 水平下达到最高。在同一施肥水平下，V1P0 处理平均籽粒产量较 V2P0 处理增产 23.7%，增产差异显著；其他各处理间无显著差异。V1P1 处理、V1P2 处理、V2P1 处理、V2P2 处理间籽粒产量无显著差异，但以 V1P1 处理籽粒产量最高，较 V1P3 处理和 V2P3 处理分别增加 13.5%、16.3%。同一品种下，随施磷量的增加，磷

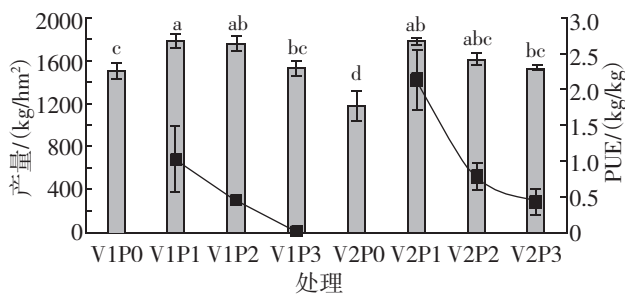


图 6 不同品种和施肥梯度对胡麻产量和磷肥农学利用效率的影响

肥农学利用效率呈递减趋势。V2P1 处理的磷肥农学利用效率显著高于 V1P1 处理，增幅为 91.7%，且是其余处理的两倍以上。综上分析，V2P1 处理显著提高了胡麻磷肥农学利用效率，同时使其籽粒产量提高。

3 结论与讨论

磷作为作物生长所需要的主要营养元素，对作物生长发育具有重要的影响^[4]。磷肥的施用增加了胡麻对磷的吸收率和胡麻的生物量^[16]，不同施磷量均有效地促进了胡麻植株地上部干物质的积累和营养生长期，以促进茎秆和叶片干物质积累为主，进入生殖生长期后，以促进蒴果及籽粒干物质积累为主^[9]。有研究表明，胡麻籽粒中 38.07%~51.88%的磷素是由叶片转运而来^[10]，本研究也有相似的发现。在盛花期，轮选 2 号施磷量为 P_2O_5 90 kg/hm^2 时茎的干物质积累量最大，而在成熟期，定亚 22 号施磷量为 P_2O_5 90 kg/hm^2 时茎的干物质积累量最小，盛花期至成熟期定亚 22 号施磷 P_2O_5 45 kg/hm^2 的茎的干物质转运量最大。有研究认为磷肥水平在 67.5 kg/hm^2 时，胡麻地上部分干物质积累最多^[17]，本研究中适宜磷肥水平是 45 kg/hm^2 ，这种施肥量的差异可能是气候及土壤条件引起的。

适当施用磷肥，不仅能够提高胡麻产量，而且使磷肥具有较高的肥料利用率，有

效防止磷肥损失以及因施磷过量而带来的环境问题^[18]。施入土壤中的磷肥至少有 70%~90%以不同形态的磷积累于土壤,难以被植物吸收和利用^[19],当土壤中有效磷含量达到一定阈值时,作物产量将不再随磷含量的增加而增加。长期施磷能提高土壤全磷和有效磷含量,补充土壤磷库,保证作物产量^[20]。长期施用磷肥能增加土壤有机质和氮素含量,并显著提高土壤磷素含量,全磷含量增加 10.7%~64.5%,速效磷含量增加 234.6%~667.3%^[21]。本研究表明,低磷水平下胡麻不仅有较高的产量,且磷肥农学利用效率较高。对于 2 个胡麻品种而言,定亚 22 号的磷肥农学利用效率高于轮选 2 号,但二者籽粒产量无显著差异。说明在相同低磷水平下,定亚 2 号是适合该地区的磷高效品种。高磷水平下两品种磷肥农学利用效率显著降低,其产量无显著提高,过量的磷肥施用不仅无益于产量提高,而且大部分磷未被当季作物吸收利用而残留在土壤中,淋洗出根层后会污染环境。磷肥增产效应随施磷量的升高而降低,低磷水平对胡麻的增产效应最大。

定亚 22 号施 P_2O_5 45 kg/hm² 的处理提高了现蕾期蕾干物质积累量,降低了茎、叶干物质积累量,同时使胡麻茎秆磷含量在盛花期增加,而在成熟期降低,从而增加了茎秆的磷素转运量,提高了胡麻磷肥农学利用效率,同时使其籽粒产量提高。综合考虑干物质积累量、籽粒产量、磷肥农学利用效率及环境污染等因素,当地胡麻种植品种应选定亚 22 号,施磷(P_2O_5)量以 45 kg/hm² 为宜。

参考文献:

- [1] 孙 羲. 植物营养与肥料[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2] 张 帆. 冬季作物-双季稻轮作种植模式氮、磷、钾养分循环与产量可持续性特征[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(5): 705-716.
- [3] ZARRIN F, MUHAMMAD Z A, M FAYYAZ C. Effect of rhizobium strains and phosphorus on growth of soybean (*Glycine max*) and survival of rhizobium and P solubilizing bacteria [J]. Pakistan Journal of Botany, 2006, 38(2): 459-464.
- [4] 向达兵, 郭 凯, 杨文钰. 不同磷钾处理下套作大豆干物质积累及钾肥利用率的动态变化[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(2): 163-167.
- [5] 王利民, 党占海, 张建平, 等. 胡麻两系杂交种陇亚杂 4 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2018(11): 5-7.
- [6] 陈 军, 王立光, 叶春雷, 等. 栽培模式对甘肃旱区胡麻地土壤酶活性及胡麻产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2018(5): 42-46.
- [7] 叶春雷, 陈 军, 李进京, 等. 5 种杀菌剂对胡麻白粉病的田间防效[J]. 甘肃农业科技, 2020(6): 52-56.
- [8] 任果香, 文 飞, 吕 伟, 等. 我国胡麻栽培技术综述[J]. 农业科技通讯, 2015(7): 7-9.
- [9] 谢亚萍, 闫志利, 李爱荣, 等. 施磷量对胡麻干物质积累及磷素利用效率的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(10): 1581-1587.
- [10] 剡 斌, 牛俊义, 崔政军, 等. 氮磷用量对胡麻非结构性碳水化合物积累转运及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015(2): 63-69.
- [11] ALAM S M, SHEREEN A. Effect of different levels of zinc and phosphorus on growth and chlorophyll content of wheat [J]. Asian Journal of Plant Encees, 2002, 10(11): 1941-1943.
- [12] 周丽娟, 牟金明, 郑永照, 等. 磷肥对蓖麻不同生育期光合特性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(3): 408-412.
- [13] 牛小霞, 谢亚萍, 王 斌, 等. 磷对胡麻叶和蒴果皮中叶绿素质量分数、籽粒产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(8): 1189-1196.

减量施肥对冬小麦生长及土壤养分的影响

张文伟¹, 李利利², 宋亚丽¹, 王亚静¹, 李可夫¹, 高钰¹, 李峰¹

(1. 庆阳市农业科学研究所, 甘肃 庆阳 745000; 2. 平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 研究了减量施肥对陇东旱塬区冬小麦生长及产量的影响。结果表明, 化肥减量施用配合有机肥模式可增加 0~60 cm 土层有机质、速效钾含量, 改善土壤肥力状况; 化肥减量施用配合秸秆还田模式在一定程度上增加实施当年 0~20 cm 土层全氮、全磷、全钾含量, 但短期内造成土壤 0~100 cm 土层内有机质、速效磷及 0~60 cm 土层土壤矿质氮和速效钾含量下降。氮磷钾肥配施有机肥、氮磷钾肥配秸秆还田的减肥措施均可有效提升冬小麦产量, 折合产量分别为 7 254.8、7 114.8 kg/hm², 较不施肥模式分别增产 8.13%、6.05%。

关键词: 冬小麦; 生长; 土壤养分; 减肥模式

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)01-0022-06

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.01.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.01.005)

我国是化肥、农药、地膜使用大国, 尤其化肥的使用, 对提高作物产量、确保粮食安全有重要意义^[1]。但近年来我国过量施用化肥现象普遍, 导致肥料利用率偏低,

收稿日期: 2020-05-06; 修订日期: 2020-10-10

基金项目: 甘肃省小麦产业技术体系植保与土肥岗位任务(GARS-01-07); 国家土壤质量数据中心观测监测任务(ZX02S280900); 国家农业环境数据中心观测监测任务(ZX03S2809); 庆阳市科技支撑项目(KN201307); 庆阳市财政预算专项项目“旱塬区冬小麦减肥减药技术及耕地质量提升研究与示范”; 第二次全国农业污染源普查任务“庆阳农业面源污染定位监测”; 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2020GAAS04-02)。

作者简介: 张文伟(1983—), 男, 甘肃镇原人, 高级农艺师, 主要从事粮食作物遗传育种及栽培技术研究工作。联系电话: (0)15339348489。Email: weiye-0333@163.com。

通信作者: 李利利(1983—), 男, 甘肃静宁人, 主要从事旱作农业土壤肥力和栽培技术研究工作。联系电话: (0)15339331735。Email: 94793242@qq.com。

- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 杨君林, 冯守疆, 车宗贤, 等. 大量元素水溶肥对河西绿洲灌区玉米经济性状及产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019(12): 18-22.
- [16] 吴兵, 谢亚萍, 牛俊义, 等. 施磷对胡麻生长率和磷吸收利用率及其产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(1): 114-119.
- [17] 崔红艳, 胡发龙, 方子森, 等. 不同水分处理对胡麻干物质积累与分配及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(5): 34-40.
- [18] 候银莹, 叶祖鹏, 冯琳, 等. 施磷量对棉田土壤不同形态无机磷的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(12): 2834-2841.
- [19] HOLFORD I, PHOSPHORUS S. Its measurement and its up-take by plants[J]. Soil Research, 1997, 35(2): 229.
- [20] 俄胜哲, 杨志奇, 曾希柏, 等. 长期施肥黄绵土有效磷含量演变及其与磷素平衡和作物产量的关系[J]. 应用生态学报, 2017, 28(11): 3589.
- [21] 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.

(本文责编: 郑立龙)