

李 川, 乔江方, 朱卫红, 等. 不同磷肥处理对夏玉米干物质积累量及磷素吸收量的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12): 107–114.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.023

不同磷肥处理对夏玉米干物质积累量 及磷素吸收量的影响

李 川, 乔江方, 朱卫红, 黄 璐, 代书桃, 刘京宝

(河南省农业科学院粮食作物研究所, 河南郑州 450002)

摘要:以黄淮海地区主要推广玉米品种郑单 958、浚单 20、蠡玉 16、桥玉 8 号、伟科 702、郑黄糯 2 号为供试材料, 在标准大田条件下设置 5 个不同磷肥处理水平: 分别为 P0 (施磷量 0 kg/hm²)、P2 (施磷量 30 kg/hm²)、P4 (施磷量 60 kg/hm²)、P6 (施磷量 90 kg/hm²)、P8 (施磷量 120 kg/hm²), 研究不同磷肥处理条件下 6 个玉米品种地上部干物质积累量、根部干物质积累量、根冠比、地上部及根部磷素积累量、产量构成因素之间的差异, 以期解释磷肥施用量对黄淮海地区不同玉米品种生长发育的影响, 揭示不同夏玉米品种磷素积累的差异, 从而为该地区磷素高效利用提供理论依据。结果表明, 郑单 958、桥玉 8 号、伟科 702、郑黄糯 2 号乳熟期地上部干物质积累量在 P6 处理水平下高于 P8 处理水平, 本试验中施磷量为 90 kg/hm² 时最有利于这 4 个玉米品种地上部干物质积累, 过量施肥反而达不到增产的效果。郑单 958、浚单 20、蠡玉 16、伟科 702 乳熟期 P6 处理水平下根部干物质积累量高于 P8 处理水平。郑单 958 和浚单 20 苗期、拔节期和抽雄吐丝期的根冠比均高于灌浆初期、乳熟期和蜡熟期。除浚单 20 外, 其余 5 个玉米品种穗长随着磷肥施用量的增加整体增加, 且在 P6 处理水平下达到最高值, P8 处理水平下有所降低。不同磷肥处理水平下玉米根部磷素积累量整体高于不施磷肥处理。施磷量与玉米地上部磷素积累的关系和施磷量与玉米根部磷素积累关系相似。

关键词: 玉米; 磷肥处理; 干物质积累量; 磷素积累量; 产量构成

中图分类号: S513.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)12-0107-07

玉米是我国年播种面积和总产量均占第一的多元作物, 在我国经济发展中有着不可替代的作用。随着农业产业结构调整 and 耕地面积的逐年减少^[1], 提高养分利用效率以及减少资源浪费和环境污染同时增加作物产量是现代农业优化发展的主要目标^[2]。磷素是作物生长中的三大主要营养元素之一, 对玉米生长发育和产量形成有着重要作用^[3]。研究表明, 使用磷肥可以大大提高土壤中有效磷的水平^[4], 从而增加玉米株高、茎粗、叶面积、穗粒数、穗长、百粒质量等, 最终表现为增加产量及改善品质^[5]。目前, 我国磷肥生产和消费量已经跃居世界首位, 然而我国磷肥的当季利用率仅仅在 10%~25% 之间, 远远低于发达国家的 30%~50% 肥料利用率水平^[6]。过量施肥会造成土壤中磷素富集, 磷素利用效率下降及农业生产成本降低^[7], 并且造成了磷矿资源浪费及磷素面源污染等生态环境问题^[8]。因此, 合理施用磷肥, 促进根系对磷素的吸收, 从而提高植株磷素利用效率和籽粒产量已经成为现代农业可持续绿色发展亟需解决的问题。

玉米是磷肥敏感作物, 磷素不仅是玉米体内多种化合物

的重要组成部分, 而且参与光合磷酸化、三羧酸循环等过程^[9]。植物主要靠根系从土壤中吸收磷元素, 然后在玉米植株各器官积累和再分配^[10]。在一定施磷肥范围 (75~156 kg/hm²) 内增加施磷量可以促进玉米植株的磷素吸收利用率, 进而提高产量, 但是过量施肥则增产效果不明显甚至减产^[11]。不同生态环境和栽培条件下, 植株对磷肥的反应不同。不同玉米品种及不同生育时期对磷素吸收利用效率不同, 从而使根系形态、干物质积累量和产量不同^[12-13]。将生物产量作为玉米耐低磷筛选的指标, 而不是磷浓度和磷吸收利用效率^[14]。近年来, 地上部干物质产量或籽粒产量已经成为耐低磷筛选主要指标, 缺素叶数、根长度、根条数可以作为耐低磷筛选的辅助指标^[15-17]。根系作为植物矿物质吸收的主要器官, 其生长发育状态对磷素吸收转运尤其重要^[18]。植物在低磷胁迫条件下可以显著改变根冠比, 提高土壤中磷素吸收利用效率^[19]。

玉米是华北平原的主要秋季作物, 本试验通过分析不同磷肥处理水平下主要夏玉米推广品种的根系生长状况、地上部干物质积累量、根部和地上部磷素积累量以及产量构成因素的差异, 旨在找到适合当地生态环境和栽培条件的最佳磷肥施用量, 提高磷素的吸收利用效率, 降低生态环境污染风险和减少资源浪费。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及供试材料

试验于 2016 年在河南省农业科学院原阳县现代农业科技试验示范基地试验田进行。试验地土壤为潮土, 地势平坦,

收稿日期: 2018-03-07

基金项目: 国家重点研发计划 (编号: 2017YFD0300407); 国家自然科学基金 (编号: 31701368); 河南省农业科学院科研发展专项资金 (编号: YNK20177506); 河南省基础与前沿技术研究计划 (编号: 13200410166、142300410259、162300410259)。

作者简介: 李 川 (1985—), 女, 河南新乡人, 博士, 助理研究员, 主要从事玉米生理生化研究。E-mail: lichuan172@163.com。

通信作者: 刘京宝, 博士, 研究员, 主要从事玉米栽培技术研究。E-mail: jbliu1777@126.com。

灌排方便。试验田前茬作物为冬小麦。试验田 0~30 cm 耕作层土壤有机质含量为 14.62 g/kg、全氮含量为 0.94 g/kg、碱解氮含量为 80.16 mg/kg、速效磷含量为 15.84 mg/kg、速效钾含量为 86.90 mg/kg。供试材料为黄淮海地区生产中广泛推广的 6 个不同类型玉米品种,分别是郑单 958、浚单 20、蠡玉 16、桥玉 8 号、伟科 702、郑黄糯 2 号。

1.2 试验设计

6 个玉米品种于 2016 年 6 月 12 日按照其最佳种植密度播种于河南省农业科学院试验基地,其中郑单 958、浚单 20、伟科 702 种植密度为 67 500 株/hm²,蠡玉 16、桥玉 8 号、郑黄糯 2 号种植密度为 60 000 株/hm²。试验设置 5 种磷肥处理水平,分别为 P0:不施磷肥,即 0 kg/hm²;P2:施磷肥 30 kg/hm²;P4:施磷肥 60 kg/hm²,P6:施磷肥 90 kg/hm²,P8:施磷肥 120 kg/hm²。播种前整地时将磷肥(磷素二胺,含 53% P₂O₅)作为底肥一次性全部施入土壤覆盖。同时将 30%的氮肥(尿素,含 46% N)以及全部钾肥(硫酸钾,含 34% K₂O)也作为底肥施入。剩余 50%、20%的氮肥分别于大喇叭口期、抽雄吐丝期隔行开沟追肥,钾肥、氮肥用量同标准大田管理,分别为 120、180 kg/hm²。

试验采取随机区组排列,共 30 个小区,3 次重复,每个小区 6 行,行长 6 m,行距 60 cm。以品种最佳种植密度播种,播种后立即浇水以确保出苗良好,其他管理措施同当地大田生产。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 地上部干物质积累量的测定 分别于玉米苗期、拔节期、喇叭口期、抽雄吐丝期、乳熟期、蜡熟期在每个小区选取具有代表性的玉米植株各 3 株,105℃杀青 30 min,80℃烘 72 h 至恒质量,测定植株地上部分干物质的积累量。

1.3.2 根部干物质积累量的测定 分别于玉米苗期、拔节期、喇叭口期、抽雄吐丝期、乳熟期、蜡熟期在每个小区选取具有代表性的玉米植株各 3 株,在大田用铁锹挖出完整的玉米根系,浸泡冲洗干净,105℃杀青 30 min,80℃烘 72 h 至恒质量,测定植株根部干物质的积累量。

1.3.3 根冠比的测定 于玉米苗期、拔节期、喇叭口期、抽雄吐丝期、乳熟期、蜡熟期分别取郑单 958 和浚单 20 具有代表性的植株 3 株,105℃杀青 30 min,80℃下烘至恒质量后,称质量。计算不同发育时期根冠比(根系干质量/地上部干质量)。

1.3.4 玉米产量及构成因素的测定 于成熟期在每个玉米小区挑选长相较为一致的 5 个玉米穗子进行室内考种,调查指标有穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒质量等产量构成的主要因素。

1.3.5 玉米地上部及根部磷素积累量的测定 分别于玉米苗期、拔节期、抽雄吐丝期、灌浆初期、乳熟期、蜡熟期在每个小区选取具有代表性的玉米植株各 3 株,分别对地上部分及根部全磷含量进行测定。样品烘干磨细后用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,植株全磷含量用钼锑抗比色法测定。

植株磷素积累量 = 植株磷素吸收量 × 植株干质量。

1.4 数据分析

所有数据采用 SPSS 20.0 和 Exce 2007 进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同磷肥施用量对玉米地上部干物质积累量的影响

从表 1 可以看出,6 个夏玉米品种平均地上部干物质积累量整体随着生长发育进程的推进而递增,蜡熟期地上部分干物质积累量最高。蜡熟期伟科 702 在 P2 处理水平下地上部干物质质量最低,为 281.25 g/株,蠡玉 16 在 P6 处理水平下地上部干物质质量最高,为 442.80 g/株,郑单 958 在 P8 处理水平下地上部干物质质量最高,为 361.10 g/株。

除浚单 20 外,其余 5 个玉米品种在乳熟期,施氮处理的玉米地上部干物质积累量均不同程度地高于 P0 处理,说明加磷肥对玉米地上部干物质积累具有较大的促进作用。除浚单 20、蠡玉 16 外,其余 4 个品种乳熟期地上部干物质积累量在 P6 处理水平下反而高于 P8 处理水平,说明本试验中施磷量为 90 kg/hm² 时最有利于郑单 P58、桥玉 8 号、伟科 702、黄糯 2 号等 4 个广泛推广玉米品种地上部干物质积累,过量施肥反而达不到增产的效果。

2.2 不同磷肥施用量对玉米根系干物质积累量的影响

玉米根系制约着水分和矿物质的吸收,本试验分析了不同磷肥处理水平对玉米根系干物质积累量的影响。从表 2 可以看出,同一磷肥处理水平下,随着玉米生育期延长根部平均干物质积累量整体增加。蜡熟期,郑单 958 在 P6、P8 处理水平下的根部干物质积累量分别为 21.60、20.25 g/株;蠡玉 16 在 P8 处理水平下根部干物质积累量达最高,为 25.06 g/株;郑黄糯 2 号在 P0 处理水平下根部干物质积累量最低,为 15.66 g/株。郑单 958、浚单 20、蠡玉 16、伟科 702 乳熟期 P6 磷素处理水平下根部干物质积累量高于 P8 磷素处理水平。蜡熟期郑单 958、桥玉 8 号、伟科 702、郑黄糯 2 号 P6 磷素处理水平下根部干物质积累量也高于 P8 磷素处理水平下的根部干物质积累量。

2.3 不同磷肥施用量对郑单 958、浚单 20 根冠比的影响

玉米根冠比是衡量地上部与根部协调生长发育的重要指标。在玉米生长早期只有根系发育良好才能促进植株地上部的生长发育,从而稳产增产^[20]。从图 1 可以看出。郑单 958、浚单 20 在生育前期(苗期、拔节期、抽雄吐丝期)的根冠比均高于生育后期(灌浆初期、乳熟期、蜡熟期)。这是由于玉米生育前期主要是营养生长阶段,根系是植株的生长重心,发育迅速,根冠比因此较高。抽雄吐丝期前后植株生长重心转为生殖生长,根部同化物减少,根冠比下降。2 个玉米品种苗期、拔节期根冠比在 P6 处理水平下最高。在 P0 施磷条件下苗期根冠比总体比较小,表明施磷量在 90 kg/hm² 条件下最有利于玉米根冠比的增加,过量施肥反而会抑制根冠比的增加。

2.4 不同磷肥施用量对玉米产量构成因素的影响

从表 3 可以看出,除浚单 20 外 5 个玉米品种穗长随着磷肥施用量的增加整体增加,且在 P6 处理水平下达到最高值,至 P8 处理水平下有所降低。除郑单 958、桥玉 8 号外,其余 4 个玉米品种穗行数随着磷肥施用量的增加整体增加,P6 处理水平下多于 P8 处理水平。表明施磷量在 90 kg/hm² 最有利于玉米产量过程因素穗长、穗行数的增加,过量施肥反而会降低玉米产量。玉米产量构成因素穗粗、行粒数、百粒质量在不同磷肥处理水平下的变化规律不明显。

表 1 磷肥处理对不同生育期玉米地上部干物质积累量的影响

品种	处理	干物质积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
郑单 958	P0	0.34c	30.43b	96.50c	218.23a	307.80b	328.44a
	P2	0.38bc	40.50a	141.10ab	241.57a	323.54ab	330.45a
	P4	0.44b	39.87a	120.07bc	255.32a	354.23ab	350.55a
	P6	0.45b	35.67ab	147.47a	264.30a	365.98a	347.33a
	P8	0.56a	34.80ab	132.63ab	245.50a	358.66ab	361.10a
	平均值	0.43	36.25	127.55	244.98	342.04	343.57
浚单 20	P0	0.45b	42.97a	115.57c	236.52b	338.96a	335.96a
	P2	0.50ab	41.23a	122.27bc	295.28a	307.74a	342.03a
	P4	0.47ab	46.47a	140.83ab	256.04ab	348.50a	335.75a
	P6	0.48ab	43.53a	134.13abc	257.86ab	328.40a	335.03a
	P8	0.59a	44.03a	149.17a	254.27ab	369.10a	348.90a
	平均值	0.50	43.65	132.39	259.99	338.54	339.53
蠡玉 16	P0	0.42a	34.07b	152.43c	264.67a	334.24b	403.96b
	P2	0.39a	42.33a	153.97bc	267.00a	356.16ab	413.16b
	P4	0.39a	41.77a	154.10bc	272.65a	367.50ab	417.59b
	P6	0.47a	40.67a	170.20a	278.93a	378.02a	442.80a
	P8	0.46a	43.33a	166.60ab	305.90a	386.48a	417.65b
	平均值	0.43	40.43	159.46	277.83	364.48	419.03
桥玉 8 号	P0	0.32c	35.23b	134.47a	226.53b	335.83b	307.68c
	P2	0.38bc	35.67b	138.53a	232.05b	349.64ab	324.00bc
	P4	0.44b	36.53ab	138.13a	265.54ab	364.20ab	344.30abc
	P6	0.57a	45.20a	158.27a	294.17a	400.71a	418.94a
	P8	0.45b	44.33ab	139.27a	284.93a	384.26a	388.97ab
	平均值	0.43	39.39	141.73	260.64	366.93	356.78
伟科 702	P0	0.45a	33.50b	116.37b	217.43b	310.86b	307.22b
	P2	0.46a	34.13ab	116.77b	232.99ab	316.22b	281.25b
	P4	0.47a	38.10ab	120.10b	242.89ab	314.66b	316.28ab
	P6	0.54a	42.13a	170.03a	265.67a	379.76a	371.73a
	P8	0.54a	38.23ab	146.23ab	246.13ab	323.57b	324.17ab
	平均值	0.49	37.22	138.18	241.02	329.01	320.13
郑黄糯 2 号	P0	0.31c	32.23b	118.6b	239.48a	299.27b	319.18a
	P2	0.45ab	34.27ab	144.40a	276.01a	304.95ab	311.95a
	P4	0.34bc	36.83a	136.33ab	249.73a	311.94ab	327.44a
	P6	0.34bc	34.37ab	140.40a	276.01a	345.51a	361.04a
	P8	0.53a	38.23a	145.97a	263.07a	321.36ab	366.57a
	平均值	0.39	35.19	137.14	260.86	316.61	337.24

注:同列数据后不同小写字母表示磷肥处理间差异显著($P<0.05$)。表 2 至表 5 同。

表 2 磷肥处理对不同生育期玉米根部干物质积累量的影响

品种	处理	干物质积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
郑单 958	P0	0.06b	5.60a	14.13a	15.47b	16.65ab	16.57a
	P2	0.07ab	5.70a	17.80a	15.67b	15.36b	17.46a
	P4	0.08ab	5.53a	17.10a	21.53a	16.38ab	17.85a
	P6	0.10a	7.40a	17.87a	21.93a	20.76a	21.60a
	P8	0.09a	6.37a	17.93a	20.83a	19.56ab	20.25a
	平均值	0.08	6.12	16.97	19.09	17.74	18.75
浚单 20	P0	0.07b	3.73c	18.33a	18.97a	18.53a	17.60a
	P2	0.08ab	4.20bc	20.67a	18.23a	20.30a	16.15a
	P4	0.07b	6.70a	20.17a	18.07a	17.89a	17.65a
	P6	0.12a	6.07ab	19.70a	19.13a	22.62a	20.39a
	P8	0.09ab	6.23a	18.73a	22.60a	20.61a	21.65a
	平均值	0.09	5.39	19.52	19.40	19.99	18.69

续表 2

品种	处理	干物质积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
蠡玉 16	P0	0.11b	6.07a	18.93a	22.9a	22.46a	22.11a
	P2	0.08b	6.23a	19.77a	22.10a	20.40a	21.71a
	P4	0.08b	6.10a	19.90a	22.80a	23.09a	21.73a
	P6	0.15a	7.13a	20.07a	23.73a	23.59a	22.94a
	P8	0.12a	8.23a	22.17a	25.27a	23.04a	25.06a
	平均值	0.11	6.75	20.17	23.36	22.52	22.71
桥玉 8 号	P0	15.77a	18.23a	15.77a	18.23a	20.75a	21.01a
	P2	18.23a	19.60a	18.23a	19.60a	22.34a	19.65a
	P4	21.63a	21.07a	21.63a	21.07a	19.32a	22.90a
	P6	23.37a	22.47a	23.37a	22.47a	24.70a	23.14a
	P8	24.10a	22.30a	24.10a	22.30a	25.03a	21.77a
	平均值	20.62	20.73	20.62	20.73	22.43	21.69
伟科 702	P0	0.08ab	5.37a	17.60a	17.80a	17.49a	19.00a
	P2	0.07b	5.27a	16.03a	15.73a	18.88a	16.08a
	P4	0.08ab	5.30a	15.57a	17.70a	21.43a	21.69a
	P6	0.08ab	5.50a	20.17a	18.27a	21.69a	20.64a
	P8	0.10a	5.77a	19.93a	18.73a	20.12a	17.40a
	平均值	0.08	5.44	17.86	17.65	19.92	18.95
郑黄糯 2 号	P0	0.07a	5.30a	14.03b	16.57a	15.68a	15.66a
	P2	0.07a	5.60a	16.43ab	17.97a	18.09a	17.32a
	P4	0.08a	5.97a	19.70a	18.50a	16.46a	16.74a
	P6	0.07a	5.83a	21.40a	18.53a	18.10a	21.90a
	P8	0.09a	6.50a	19.20ab	18.33a	21.77a	19.06a
	平均值	0.08	5.84	18.15	17.98	18.02	18.14

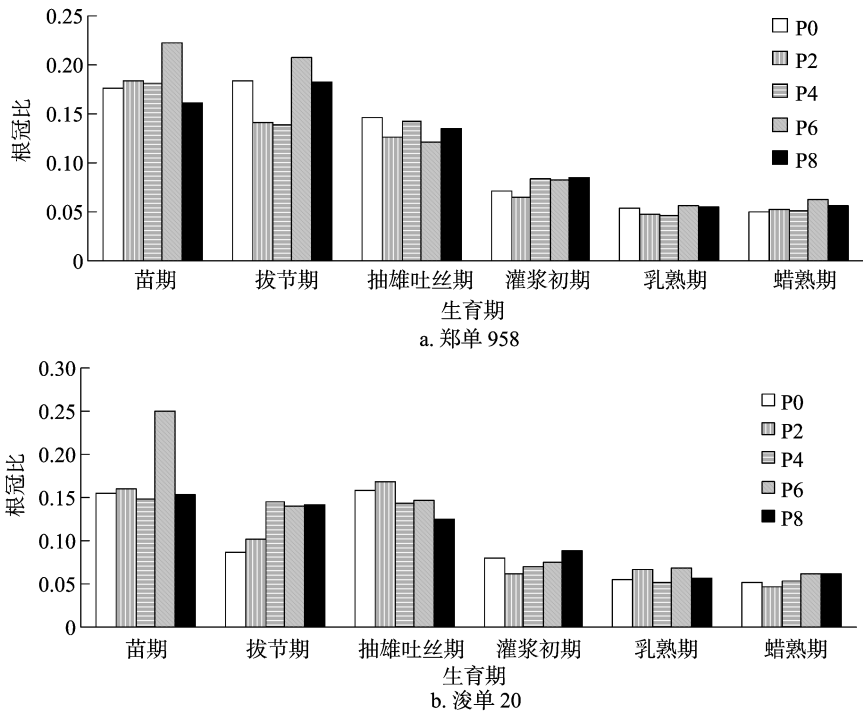


图1 不同磷肥处理对郑单 958、浚单 20 不同生育期根冠比的影响

2.5 不同磷肥施用量对玉米磷素积累量的影响

2.5.1 根部磷素积累量 从表 4 可以看出,不同磷肥处理水平下玉米根部磷素积累量整体高于不施磷肥处理。根部磷素

积累量整体随着施磷量的增加而增加且大多在 P6 处理水平下达到峰值,在 P8 处理水平下降低,呈抛物线增长模式。随着玉米生育期的推进,玉米根部磷素积累量整体增加,且大多

表 3 磷肥处理对不同夏玉米品种产量构成因素的影响

品种	处理	穗长 (cm)	穗粗 (mm)	穗行数 (行)	行粒数 (粒)	百粒质量 (g)
郑单 958	P0	18.32a	54.61b	14.4b	37.0a	41.71b
	P2	18.40a	55.12b	16.0ab	37.4a	46.36a
	P4	18.80a	54.94b	14.4b	38.0a	49.04a
	P6	18.90a	56.27ab	14.4b	42.6a	47.25a
	P8	18.60a	59.26a	17.2a	40.6a	49.40a
浚单 20	P0	17.00c	56.87a	15.6a	35.2b	42.23b
	P2	17.14bc	56.24a	16.0a	38.2ab	42.48b
	P4	19.60a	58.64a	16.8a	40.2a	43.77b
	P6	18.22abc	58.03a	16.8a	38.6ab	49.29ab
	P8	18.56ab	56.06a	16.4a	39.0a	52.59a
蠡玉 16	P0	19.28c	56.68a	15.6a	36.6b	49.59a
	P2	19.68bc	57.09a	16.4a	39.8ab	50.17a
	P4	20.80ab	57.47a	16.4a	39.8ab	52.89a
	P6	21.60a	58.47a	16.8a	40.2ab	54.10a
	P8	20.52abc	58.11a	15.6a	41.2a	51.06a
桥玉 8 号	P0	19.02a	52.97a	12.8a	41.2ab	45.28b
	P2	19.28a	52.88a	13.2a	41.0ab	45.61b
	P4	20.20a	53.70a	14.0a	38.8ab	47.32ab
	P6	20.80a	53.85a	13.6a	38.2b	49.06ab
	P8	20.56a	53.22a	14.0a	44.6a	51.47a
伟科 702	P0	18.24c	56.03b	14.8b	35.2b	48.89a
	P2	19.80ab	56.16ab	16.0ab	35.4b	48.48a
	P4	18.80bc	58.30ab	15.6ab	36.6ab	49.94a
	P6	20.20a	58.77a	17.2a	38.6a	49.20a
	P8	18.50c	56.81ab	15.6ab	35.2a	51.17a
郑黄糯 2 号	P0	17.06b	56.83a	14.8a	37.4a	46.84a
	P2	18.80ab	57.54a	15.2a	39.2a	47.97a
	P4	18.20ab	58.48a	16.0a	40.2a	49.00a
	P6	19.20a	58.89a	16.0a	39.2a	48.05a
	P8	17.26ab	57.35a	15.2a	37.8a	49.3a

在灌浆初期达到峰值,然后随着生育期推进磷素积累量降低。这与根部主要是在植株营养生长阶段生长发育有关。

2.5.2 地上部分磷素积累量 施磷量与玉米地上部磷素积累的关系和施磷量与玉米根部磷素积累的关系相似。从表 5 可以看出,不同玉米品种在不同磷肥处理水平下的地上部磷素积累量整体高于不施磷肥处理。随着施磷量的增加,地上部磷素积累量整体随着增加,且大多在 P6 处理水平下达到峰值,在 P8 处理水平下降。随着玉米生育期的推进,玉米地上部磷素积累量整体增加,且大多在乳熟期达到峰值,然后随着生育期推进磷素积累量变化不明显。这主要与乳熟期时玉米植株基本完成了穗部发育有关。

3 结论与讨论

合理施用磷肥可以增加土壤耕作层中有效磷的含量,促进磷素的吸收利用,有利于玉米生长发育,增加生物量及提高品质^[21-23]。本研究表明,随着磷肥施用量的增加不同玉米品种干物质积累量整体增加,并且整体随着生长发育进程的推进而递增,在蜡熟期达到最高值。除浚单 20 外,其余 5 个品种乳熟期干物质积累量均不同程度的大于 P0 处理,说明施加磷肥对玉米干物质积累具有重要的促进作用。除浚单 20、蠡

玉 16 外,其余 4 个品种乳熟期 P8 处理下干物质积累量略微低于 P6 处理的干物质积累量,表明本试验中施磷量在 90 kg/hm² 条件下最有利于地上部干物质和根部干物质积累,过量施肥反而达不到增产的效果。除浚单 20 外 5 个试验玉米品种的玉米穗长均随着磷肥施用量地增加整体增加,且在 P6 处理水平下达到最高值,至 P8 处理水平下降。浚单 20、蠡玉 16、伟科 702、郑黄糯 2 号 4 个品种的穗行数均在 P6 处理水平下达到最高值。

玉米生育前期主要是营养生长阶段,根系是植株的生长重心,发育迅速。抽雄吐丝期前后植株生长重心转为生殖生长,根部同化物减少^[24-25]。这与试验中郑单 958、浚单 20 在苗期、拔节期、抽雄吐丝期的根冠比均高于灌浆初期、乳熟期、蜡熟期的试验结果一致。2 个玉米品种苗期的根冠比在 P6 处理水平下最高,P0 施磷水平下根冠比较小,说明施磷量在 90 kg/hm² 条件下最有利于玉米根冠比的增加,过量施肥反而会抑制根冠比的增加。随着施磷量的增加,根部和地上部磷素积累量整体增加且大多在 P6 处理水平下达到最高值,P8 处理水平下减少,呈抛物线增长模式。随着玉米生育期的推进,玉米根部磷素积累量整体增加,且大多在灌浆初期达到峰值,然后随着生育期增加磷素积累量降低。这与根部主要

表 4 磷肥处理对不同生育期玉米根部磷素积累量的影响

品种	处理	磷素积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
郑单 958	P0	0.03b	3.62a	8.97a	10.31a	4.16c	5.68a
	P2	0.05ab	3.92a	10.68a	11.69a	4.72bc	6.04a
	P4	0.05ab	4.45a	14.41a	18.75a	10.55a	7.74a
	P6	0.05ab	5.50a	16.00a	15.70a	7.72ab	7.64a
	P8	0.07a	4.09a	16.43a	13.36a	7.40ab	6.36a
	平均值	0.05	4.32	13.30	13.96	6.91	6.69
浚单 20	P0	0.05b	3.00b	7.60c	11.20a	4.56b	4.39a
	P2	0.07ab	3.77ab	9.67bc	12.74a	4.66b	5.23a
	P4	0.05b	5.74a	10.49bc	15.68a	5.51b	5.67a
	P6	0.08a	4.54ab	19.33a	17.18a	9.08a	8.37a
	P8	0.07ab	3.79ab	14.04b	17.22a	8.99a	7.81a
	平均值	0.06	4.17	12.23	14.80	6.56	6.29
蠡玉 16	P0	0.05b	4.20a	14.17a	11.33a	6.57a	6.84a
	P2	0.06b	4.87a	15.75a	15.92a	7.01a	7.36a
	P4	0.09a	5.12a	20.27a	16.56a	9.26a	8.32a
	P6	0.08a	5.20a	15.72a	15.50a	10.14a	7.30a
	P8	0.08a	4.82a	15.75a	19.55a	8.72a	7.31a
	平均值	0.07	4.84	16.33	15.77	8.34	7.43
桥玉 8 号	P0	0.04a	3.70a	9.93b	10.97a	4.56a	3.63a
	P2	0.06a	3.83a	15.67ab	11.74a	6.90a	4.65a
	P4	0.05a	5.16a	13.96ab	16.96a	10.19a	5.62a
	P6	0.05a	5.38a	21.81a	19.97a	10.34a	5.90a
	P8	0.06a	4.77a	16.58ab	12.54a	8.54a	5.75a
	平均值	0.05	4.57	15.59	14.44	8.11	5.11
伟科 702	P0	0.04b	4.40a	9.14b	10.06b	5.65a	3.58a
	P2	0.05b	4.24a	10.79b	12.67ab	5.09a	5.59a
	P4	0.04b	4.00a	10.28b	10.49b	5.95a	4.17a
	P6	0.06b	4.28a	20.48a	18.22a	6.17a	4.54a
	P8	0.08a	4.13a	18.79a	11.70b	5.64a	4.39a
	平均值	0.05	4.21	13.90	12.63	5.70	4.45
郑黄糯 2	P0	0.03a	3.85a	6.64b	11.47b	3.57b	4.21a
	P2	0.05a	3.86a	11.65ab	12.95b	3.88b	4.87a
	P4	0.05a	5.18a	12.69ab	14.93ab	5.18b	6.35a
	P6	0.05a	4.69a	17.15a	23.34a	12.72a	7.93a
	P8	0.06a	4.40a	10.83ab	14.15ab	7.59ab	4.99a
	平均值	0.05	4.40	11.79	15.37	6.59	5.67

表 5 磷肥处理对不同生育期玉米地上部分磷素积累量的影响

品种	处理	磷素积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
郑单 958	P0	0.25c	18.72b	52.71b	100.45b	245.05ab	97.44a
	P2	0.26c	29.39a	106.21a	155.42b	345.50a	97.68a
	P4	0.42b	27.14a	88.82a	162.98b	251.06ab	140.35a
	P6	0.49a	28.57a	112.65a	225.25a	220.11b	120.08a
	P8	0.30c	24.85ab	120.14a	126.44b	249.99ab	176.56a
	平均值	0.34	25.73	96.11	154.11	262.34	126.42
浚单 20	P0	0.36a	20.74a	73.68a	118.06b	132.99c	62.23c
	P2	0.43a	29.44a	80.92a	124.57b	192.12bc	104.42b
	P4	0.45a	32.77a	108.76a	187.82ab	231.69b	173.04a
	P6	0.45a	31.91a	98.27a	196.54a	306.99a	121.50b
	P8	0.48a	30.29a	101.69a	168.82ab	307.29a	131.96ab
	平均值	0.43	29.03	92.66	159.16	234.22	118.63

续表 5

品种	处理	磷素积累量(g/株)					
		苗期	拔节期	抽雄期	灌浆初期	乳熟期	蜡熟期
蠡玉 16	P0	0.38a	28.78a	74.25b	180.54a	161.03b	107.40b
	P2	0.63a	32.01a	107.65ab	232.13a	228.37ab	166.05ab
	P4	0.41a	33.54a	114.88ab	205.91a	258.96ab	225.40ab
	P6	0.40a	32.19a	155.29a	274.44a	362.69a	313.03a
	P8	0.48a	30.47a	116.52ab	236.18a	285.97ab	214.88ab
	平均值	0.46	31.40	113.72	225.84	259.40	205.35
桥玉 8 号	P0	0.24a	22.05b	79.21a	131.55c	272.00a	81.40c
	P2	0.39a	25.41b	109.98a	207.28bc	305.06a	137.15bc
	P4	0.27a	26.94ab	113.61a	277.59ab	309.51a	146.09bc
	P6	0.38a	35.07a	125.39a	301.17a	392.28a	234.18a
	P8	0.40a	28.97ab	147.53a	253.17ab	366.60a	174.49ab
	平均值	0.34	27.69	115.14	234.15	329.09	154.66
伟科 702	P0	0.36a	19.64b	56.02b	176.81a	194.37a	81.02a
	P2	0.37a	22.7ab	80.14ab	179.19a	197.75a	110.85a
	P4	0.40a	28.4ab	89.48ab	235.39a	207.14a	106.00a
	P6	0.41a	30.91a	108.39ab	213.52a	207.60a	138.33a
	P8	0.37a	24.36ab	116.72a	229.08a	213.91a	130.38a
	平均值	0.39	26.59	83.51	201.23	201.72	115.15
郑黄糯 2	P0	0.23a	25.84a	84.92b	156.26a	170.02b	70.89b
	P2	0.33a	27.25a	93.43b	186.45a	187.60b	147.73a
	P4	0.28a	27.61a	104.13ab	221.22a	212.43ab	149.25a
	P6	0.44a	29.04a	152.37a	227.41a	255.11ab	148.19a
	P8	0.34a	28.84a	119.36ab	207.65a	305.75a	192.67a
	平均值	0.32	27.72	110.84	199.80	226.18	141.75

在植株营养生长阶段生长发育有关。而玉米地上部磷素积累量大多在乳熟期达到峰值,然后随着生育期推进磷素积累量变化不明显。这主要与乳熟期时玉米植株基本完成了穗部发育有关^[26-27]。试验结果表明,6 个夏玉米品种在不同磷肥处理水平下的显著性并不完全一致,在一定程度上反映了品种间基因型差异对磷素吸收的影响。

参考文献:

[1] 辛景树,徐明岗,田有国,等. 耕地质量演变趋势研究——国家级耕地土壤监测数据整编[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008.

[2] 易玉林. 河南省土壤养分状况研究[J]. 河南科学,2012,30(7): 882-886.

[3] 黄莹,赵牧秋,王永壮,等. 长期不同施磷条件下玉米产量、养分吸收及土壤养分平衡状况[J]. 生态学杂志,2014,33(3): 694-701.

[4] 宋永林,李小平. 长期施肥对作物氮磷利用及土壤速效氮磷供应能力的影响[J]. 磷肥与复肥,2008,23(2):71-72,78.

[5] 袁硕,李春俭,彭正萍,等. 磷对不同玉米品种生长、体内磷循环和分配的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2011,17(2):310-316.

[6] 朴秀吉,于小东,李长梅,等. 磷肥不同施用方法对郑单 958 产量及养分吸收的影响[J]. 玉米科学,2008,16(6):144-145.

[7] 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.

[8] 张立花,张辉,黄玉芳,等. 施磷对玉米吸磷量、产量和土壤磷含量的影响及其相关性[J]. 中国生态农业学报,2013,21(7): 801-809.

[9] 陈远学,李汉邯,周涛,等. 施磷对间套作玉米叶面积指数、干物质积累分配及磷肥利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2013, 24(10):2799-2806.

[10] 赵靓,侯振安,李水仙,等. 磷肥用量对土壤速效磷及玉米产量和养分吸收的影响[J]. 玉米科学,2014,22(2):123-128.

[11] 姚锦秋,范富,葛海峰,等. 施肥对玉米产量构成因素的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2010,25(6):648-652.

[12] 彭正萍,张家铜,袁硕,等. 不同供磷水平对玉米干物质和磷动态积累及分配的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2009,15(4):793-798.

[13] 刘凯,张吉旺,郭艳青,等. 施磷量对高产夏玉米产量和磷素利用的影响[J]. 山东农业科学,2016,48(4):61-65.

[14] Liu Y, Mi G H, Chen F J, et al. Rhizosphere effect and root growth of two maize (*Zea mays* L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability[J]. Plant Science,2004,167(2):217-223.

[15] 黄爱纛,蔡一林,滕中华,等. 玉米自交系苗期耐低磷的根系生理特性研究[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6):1419-1422.

[16] Gaume A, Machler F, de León C, et al. Low - P tolerance by maize (*Zea mays* L.) genotypes: significance of root growth, and organic acids and acid phosphatase root exudation[J]. Plant and Soil, 2001,228(2):253-264.

[17] Mollier A, Pellerin S. Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency[J]. Journal of Experimental Botany,1999,50(333):487-497.

[18] 齐文增,陈晓璐,刘鹏,等. 超高产夏玉米干物质与氮、磷、钾养分配与分配特点[J]. 植物营养与肥科学报,2013,19(1): 26-36.

吕伟,任果香,文飞,等. 外源生根粉对干旱胁迫下芝麻表型性状及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):114-117.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.024

外源生根粉对干旱胁迫下芝麻表型性状及产量的影响

吕伟¹,任果香¹,文飞¹,韩俊梅¹,王若鹏¹,刘文萍¹,孟丽霞²

(1. 山西省农业科学院经济作物研究所,山西太原 030031; 2. 山西省五台县气象局,山西五台 035502)

摘要:通过盆栽试验,分析外源施入不同浓度生根粉对干旱胁迫下不同芝麻品种生育期、表型性状及产量的影响。结果表明,干旱胁迫使 5 个芝麻品种的初花期平均推迟 3~5 d,随着外源生根粉的施入,干旱胁迫对初花期的推迟作用逐渐减小。干旱胁迫对 DT₀ 处理(干旱处理+0 mg/kg ABT)的芝麻株高、果轴长、地上部鲜质量、单株产量均产生显著的抑制作用,随着外源生根粉浓度的增加,干旱胁迫对其抑制作用逐渐减小,均呈现先增加后降低的趋势,其中在 DT₂(干旱处理+200 mg/kg 生根粉)处理时达到最大,且均于 DT₀ 处理差异显著。外源生根粉对干旱胁迫下芝麻根长、地下部鲜质量均有所增加,在 DT₂(干旱处理+200 mg/kg 生根粉)处理时达到最大,且均与 DT₀ 处理差异显著。因此,外源生根粉处理能有效减缓干旱胁迫对芝麻表型性状及产量的抑制作用,其中以 200 mg/kg 浓度效果最好。

关键词:芝麻;生根粉;干旱胁迫;表型性状;产量

中图分类号: S565.3.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)12-0114-04

芝麻(*Sesamum indicum* L.) 隶属胡麻科(Pedaliaceae) 胡麻属(*Sesamum*), 一年生草本植物,是我国六大特色油料作物之一。芝麻营养丰富且富含不饱和脂肪酸,具有美容、保健作用,因此素有油料作物“皇后”之美誉^[1],也因其在生产中使用农药少而被称为绿色食品。山西是西北地区芝麻主产省,由于地处干旱半干旱地区,年均降水量为 300~400 mm,受干旱气候影响严重,易导致芝麻出苗率低、生长缓慢、产量降低,是影响芝麻生长、产量的主要限制性因素之一^[2-4]。因此,提高干旱地区芝麻的抗旱能力,是保证西北主产区芝麻产量的重要前提。

ABT 生根粉作为高效广谱型植物生长调节剂,通过强化、调控植物内源激素的含量和重要酶的活性,调节植物代谢

作用强度,提高根系活力^[5-6],促进植物生长,增强植物抗性,以达到提高植物成活率及作物产量的目的^[7]。生根粉现已广泛应用于植树造林、苗木移植、扦插^[8-10]中,在一些大田作物中也有使用研究^[11-16]。生根粉对作物的抗旱性研究较少,仅见张义林等利用生根粉对玉米的抗旱性研究^[17-18],而对芝麻抗旱性研究至今还尚未见报道。因此,本研究通过外源施入不同浓度的生根粉,分析其对干旱胁迫条件下不同芝麻品种表型性状及产量的影响,明确适宜浓度生根粉对芝麻的抗旱性,皆在为提高西北干旱地区芝麻抗旱能力和实现芝麻增产稳产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料选用汾芝 2 号、晋芝 3 号、临芝 01-12、冀航芝 1 号、豫芝 11 号共 5 个品种,由山西省农业科学院经济作物研究所提供。生根粉选用 GGR6 号,由北京艾比蒂研究开发中心提供。

1.2 试验设计

试验于 2017 年 6—10 月在山西省农业科学院经济作物研究所人工遮雨棚内进行,采用盆栽法,盆钵口径 30 cm,高 25 cm,盆栽土用丹麦进口营养土与蛭石按体积比 1:1 等量混合,每盆装 3 kg,每盆浇等量的水 1.5 L,适墒时播种。

收稿日期:2018-04-03

基金项目:国家现代农业特色油料产业技术体系(编号:CARS-14-2-04);山西省科技攻关项目(编号:201703D221007-1);山西省农业科学院育种工程(编号:17yzgc050);山西省农业科学院农业科技创新研究课题(编号:YCX2018419)。

作者简介:吕伟(1983—),男,山西大同人,硕士,助理研究员,主要从事芝麻育种与栽培研究。Tel:(0358) 3320050;E-mail:xiaohaitun0352@163.com。

通信作者:刘文萍,研究员,主要从事芝麻育种与栽培研究。E-mail:wenggeiping@163.com。

[19]宋日,吴春胜,赵立华,等. 施肥方式对玉米根系分布及产量的影响[J]. 玉米科学,2001,9(4):75-76.

[20]袁硕,彭正萍,史建霞,等. 磷对不同基因型玉米生长及氮磷钾吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料,2010,37(1):25-28,80.

[21]张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.

[22]邢月华,汪仁,包红静,等. 不同磷肥用量对玉米产量·效益及养分吸收的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(32):19834-19835,19923.

[23]张丽梅,贺立源,李建生,等. 不同耐低磷基因型玉米磷营养特

性研究[J]. 中国农业科学,2005,38(1):110-115.

[24]刘安琴. 磷肥不同施用方式对玉米产量的影响[J]. 贵州农业科学,2007,35(4):109-110.

[25]王洋,李东波,齐晓宁,等. 不同氮、磷水平对耐密型玉米籽粒产量和营养品质的影响[J]. 吉林农业大学学报,2006,28(2):184-188.

[26]黄绍文,孙桂芳,金继运,等. 氮、磷和钾营养对优质玉米子粒产量和营养品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(3):225-230.

[27]索东让. 土壤磷素对作物产量及供磷能力的影响[J]. 磷肥与复肥,2001,33(4):66-67.