

蒋小忠,封超年,郭文善. 磷肥种类对弱筋小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):63-66.

磷肥种类对弱筋小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响

蒋小忠¹, 封超年², 郭文善²

(1. 江苏省作物栽培技术指导站, 江苏南京 210036; 2. 扬州大学农学院, 江苏扬州 225009)

摘要:以 4 个弱筋小麦品种为材料,在缺磷土壤(速效磷含量为 6.37 mg/kg)上研究不同磷肥种类(复合肥、磷酸二铵、过磷酸钙)对弱筋小麦物质生产、籽粒产量及蛋白质含量的影响。结果表明,施用不同种类磷肥均能促进小麦分蘖发生,提高茎蘖成穗率,增加单位面积穗数,扩大叶面积指数并延长功能期,提高花后干物质生产和积累量,最终提高籽粒产量;不同磷肥品种间以复合肥增产效果最高,过磷酸钙最低;不同磷肥处理的籽粒蛋白质含量均低于 11.5%,符合国家标准(GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》)。由此得出,在缺磷土壤上施用复合肥(含 N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%)对弱筋小麦提高产量和改善品质效果最佳。

关键词:磷肥;弱筋小麦;籽粒产量;蛋白质含量

中图分类号: S512.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)12-0063-04

磷是小麦生长发育必需的大量必需元素之一。土壤缺磷而限制作物增产仅次于氮,施用磷肥已经成为提高小麦产量和品质的重要措施。郑伟认为在土壤含磷不足或大量施用氮肥的条件下,施用磷肥能使小麦显著增产,同时可以改善小麦品质^[1]。区沃恒等研究表明,在土壤速效磷含量为 5~10 mg/kg 时施用磷肥能显著提高小麦产量,主要是提高单位面积的穗数,其次是千粒重^[2-3]。柳林景等在速效磷含量为 6.9~7.2 mg/kg 的土壤上试验结果得出每 666.7 m² 施过磷酸钙 50 kg (P₂O₅ 6.5 kg) 最适宜^[4]。姜宗庆等研究表明,在低磷土壤(土壤速效磷含量 4.10 mg/kg)上,强筋小麦施磷(P₂O₅)量以 144 kg/hm² 为宜,中、弱筋小麦施磷(P₂O₅)量以 108 kg/hm² 为宜^[5]。杨胜利等在土壤速效磷含量 29.3 mg/kg 条件下的研究表明,增施磷肥对强筋小麦的营养品质没有影响,弱筋小麦营养品质下降,加工品质均明显改善^[6]。

毛凤梧等在土壤速效磷含量 26.7 mg/kg 条件下的研究认为,在施磷量(P₂O₅)0~150 kg/hm² 范围内,随着施磷量增加,对品质的改善效应增大;当施磷量(P₂O₅)超过 150 kg/hm² 时,品质趋于稳定,进一步增加磷肥施用量对小麦品质的影响减小^[7]。本试验在低磷土壤上(速效磷含量为 6.37 mg/kg)研究不同磷肥品种对弱筋小麦物质生产、籽粒产量及蛋白质含量的影响,优质高产弱筋小麦应选用的磷肥品种和适宜施磷量,为提高肥料利用率、减少环境污染提供依据。

1 材料与方法

试验于 2006—2007 年在江苏省泰兴市农业科学研究所试验场进行。试验地前茬为甘薯,0~20 cm 耕层土壤含有机质 10.25 g/kg、碱解氮 43.6 mg/kg、速效磷 6.37 mg/kg、速效钾 62.13 mg/kg。

1.1 试验材料及设计

试验采用二因素随机区组设计。供试品种为主区,设弱筋小麦扬麦 13 号、扬麦 15、宁麦 9 号、宁麦 13 共 4 个处理,磷肥品种为副区,设磷酸二铵(含 N 13%、P₂O₅ 44%)、复合肥(含 N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%)和过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)3 个水平,施磷(P₂O₅)量 108 kg/hm²,磷肥基肥:拔节肥=5:5。各处理的氮磷钾肥均调至同一水平,氮肥用尿素(含 N 46%),施 N 180 kg/hm²,基肥:拔节肥=7:3;钾肥用

收稿日期:2013-10-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:30671224);江苏省高校自然科学重大基础研究项目(编号:07KJA21022);江苏省“333 高层次人才工程”专项。

作者简介:蒋小忠(1982—),男,江苏常州人,硕士,农艺师,主要从事小麦等作物栽培技术与推广。Tel:(025)86263333;E-mail:jiangxz1982@163.com。

[9] Howell T A, Tolk J A T, Schneider A D, et al. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity [J]. Agronomy Journal, 1998, 90(1): 3-9.

[10] Tyagi N K, Sharma D K, Luthra S K. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter [J]. Agricultural Water Management, 2000, 45(1): 41-54.

[11] Tyagi N K, Sharma D K, Luthra S K. Evapotranspiration and crop coefficients of wheat and sorghum [J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2000, 126(4): 215-222.

[12] 汪秀敏,申双和,韩晓梅,等. 大型称重式蒸渗仪测定的冬小麦农田的蒸散规律研究[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(4): 14-18.

[13] 刘昌明,张喜英,由懋正. 大型蒸渗仪与小型棵间蒸发器结合测定冬小麦蒸散的研究[J]. 水利学报, 1998(10): 36.

[14] 甘卓亭,刘文兆. 黄土塬区麦田蒸散特征[J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1435-1438.

[15] 康燕霞. 波文比与蒸渗仪测量作物蒸发蒸腾量的试验[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2006: 1-3.

[16] 孙卫国,申双和. 农田蒸散量计算方法的比较研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 101-105.

[17] 强小嫚,蔡焕杰,王健. 波文比与蒸渗仪测定作物蒸发蒸腾量对比[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 12-17.

[18] 樊引琴,蔡焕杰,王健. 冬小麦田间蒸发的试验研究[J]. 灌溉排水, 2000, 19(4): 1-4.

氯化钾(K₂O 60%),施 K₂O 为 108 kg/hm²,基肥:拔节肥=5:5。密度为 220 万/hm²,小区面积为 12 m²,行距为 30 cm,随机排列,重复 3 次。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 茎蘖动态、叶面积指数和干物质积累动态 于越冬、返青、拔节、孕穗、开花、成熟期定点调查各处理的茎蘖数。每个处理选取代表性植株 20 株,干重法测定叶面积;植株按叶片、茎鞘、穗、籽粒分开,105 ℃杀青 30 min,75 ℃烘干至恒重,称干重。

1.2.2 籽粒粗蛋白含量的测定 成熟期收获的籽粒采用 H₂SO₄-H₂O₂ 靛酚蓝比色法^[8]测定。

1.2.3 产量及产量构成因素 成熟期调查单位面积穗数、每

穗粒数,各小区收 1 m²计产测定千粒重。
1.2.4 磷肥效率计算公式 磷肥生产效率=施肥处理籽粒产量或生物量÷施磷量;磷肥农学效率=(施肥处理籽粒产量-不施肥区籽粒产量)÷施磷量。

2 结果与分析

2.1 不同磷肥对茎蘖动态的影响

由表 1 可知,参试品种施磷肥各处理能促进分蘖发生,群体茎蘖数、茎蘖成穗率均高于不施磷肥的对照,不同磷肥种类对分蘖发生和茎蘖成穗率的影响品种间存在差异,复合肥和磷酸二铵的效果大于过磷酸钙。由此说明当施磷(P₂O₅)量相同时,应注意选用高效磷肥品种。

表 1 不同磷肥对弱筋小麦茎蘖动态的影响

品种	肥料种类	茎蘖数(万个/hm ²)					茎蘖成穗率(%)
		越冬	拔节	孕穗	开花	成熟	
扬麦 13 号	不施肥	456.69	1 056.06	616.06	366.67	210.01	19.89
	不施磷	625.03	1 155.17	682.13	428.69	361.02	31.25
	磷酸二铵	691.70	1 355.24	722.14	468.92	421.52	35.48
	复合肥	721.70	1 254.20	748.08	565.71	466.02	37.16
	过磷酸钙	718.37	1 188.15	696.28	484.00	403.52	33.96
扬麦 15	不施肥	438.36	1 356.06	616.18	350.61	313.02	23.08
	不施磷	555.03	1 371.24	594.44	465.08	441.02	32.16
	磷酸二铵	703.37	1 549.26	682.77	594.00	549.03	35.44
	复合肥	678.37	1 423.81	682.16	595.47	553.51	38.88
	过磷酸钙	768.37	1 387.36	748.34	476.67	449.02	32.37
宁麦 9 号	不施肥	630.03	1 185.73	704.07	406.67	217.51	17.33
	不施磷	653.37	1 255.27	714.40	440.49	385.02	30.67
	磷酸二铵	878.38	1 454.66	814.41	597.14	498.52	34.27
	复合肥	806.71	1 352.38	804.19	565.71	460.52	34.05
	过磷酸钙	705.04	1 259.64	748.56	560.00	360.02	28.58
宁麦 13	不施肥	506.69	1 122.46	594.31	372.00	303.52	27.04
	不施磷	660.04	1 253.08	611.11	452.75	352.02	28.09
	磷酸二铵	743.37	1 319.00	814.84	616.00	457.52	34.69
	复合肥	835.04	1 386.24	858.17	694.36	477.52	34.45
	过磷酸钙	718.37	1 309.08	726.08	565.71	395.52	30.21

2.2 不同磷肥对叶面积指数(LAI)变化的影响

LAI 是反映作物长势与预测作物产量的一个重要农学参数^[9-12]。由图 1 可以看出,施用不同磷肥种类后对参试品种返青期以前 LAI 的影响较小,返青后显著增大。施用磷肥处理的 LAI 在各个生育时期均高于不施磷处理和不施肥处理,各品种施用复合肥处理的 LAI 值在孕穗期均比施用其他种类磷肥处理高。表明施用磷肥后能明显延缓后期叶片衰老, LAI 下降速度较不施磷处理慢。

2.3 不同磷肥对干物质积累动态的影响

由表 2 可知,施磷肥各处理参试品种的干物重在各个生育时期均高于不施磷肥的对照,而不同磷肥种类对物质生产与积累存在影响。施用磷酸二铵和复合肥促进小麦拔节后物质生产的效果显著高于施用过磷酸钙的效应,至开花期以施用磷酸二铵处理最高。花后干物质积累量均表现为复合肥>磷酸二铵>过磷酸钙处理,这与各品种各处理的籽粒产量规律相一致,相关分析表明,4 个弱筋小麦籽粒产量均与花后干物质积累量呈极显著正相关:扬麦 13 号的相关系数为 $r =$

$0.992\ 9^{**}$,扬麦 15 为 $r = 0.997\ 7^{**}$,宁麦 9 号为 $r = 0.999\ 6^{**}$,宁麦 13 为 $r = 0.997\ 1^{**}$ 。表明较高的花后干物质积累量保证了较高的籽粒产量。

2.4 不同磷肥对弱筋小麦籽粒产量及其构成因素的影响

由表 3 可以看出,不同磷肥处理籽粒产量均高于不施磷处理,不同磷肥种类间以复合肥处理产量最高,4 个弱筋小麦的平均增产率为 36.20%,其次为磷酸二铵,平均增产率为 28.35%,过磷酸钙的平均增产率仅为 15.36%。施用不同种类磷肥对产量构成因素的影响存在差异,施用磷肥后,各处理均促进了穗数的增加,而穗粒数和粒重变化因品种存在差异。扬麦 15 穗粒数下降,粒重增加,而扬麦 13 号、宁麦 9 号、宁麦 13 则穗粒数有所上升,粒重下降。表明不同磷肥种类对不同基因型弱筋小麦的产量构成因素影响不一致,但各处理均以复合肥对弱筋小麦的增产效果最好。各处理中磷肥生产效率和磷肥农学效率均表现为复合肥处理最高,表明复合肥的生产能力较其他磷肥种类的好,其次为磷酸二铵,过磷酸钙最低。

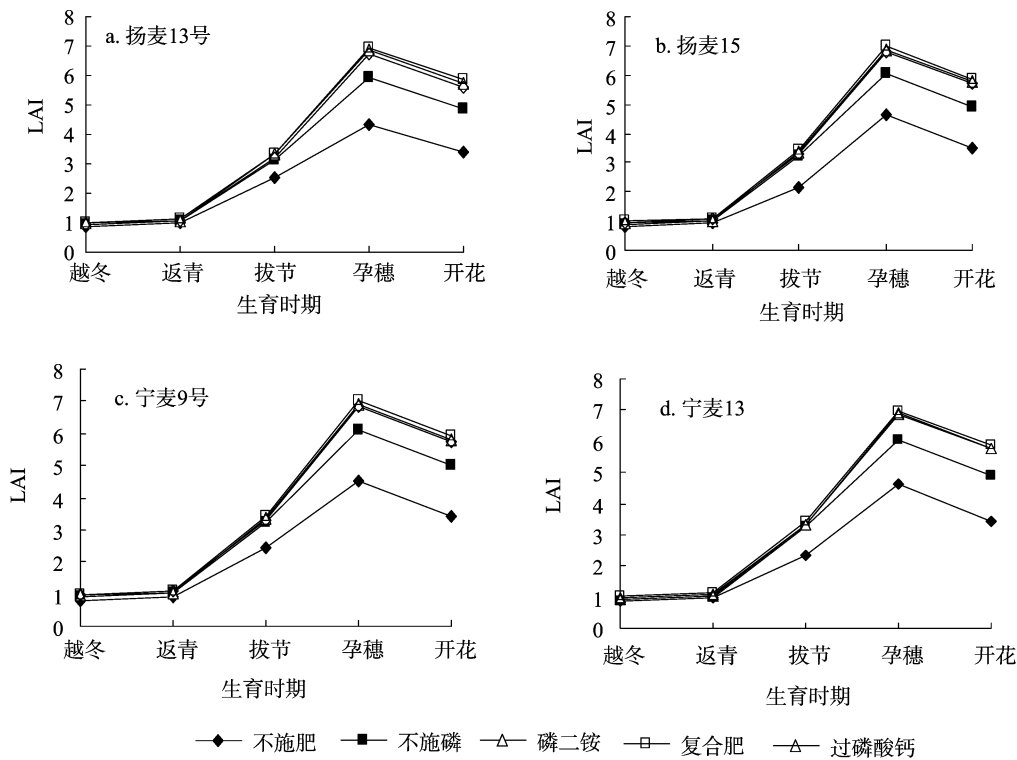


图1 不同磷肥对弱筋小麦LAI变化的影响

表 2 不同磷肥对弱筋小麦干物质积累动态的影响

品种	肥料种类	干物质积累量 (kg/hm ²)					籽粒产量 (kg/hm ²)
		拔节	孕穗	开花	成熟	花后积累量	
扬麦 13 号	不施肥	2 222.01	5 950.98	9 500.24	11 322.45	1 822.21	2 068.60
	不施磷	3 828.00	6 776.94	10 780.82	15 198.28	4 417.46	5 621.78
	磷酸二铵	5 148.23	8 920.48	12 938.71	19 932.91	6 994.20	7 792.39
	复合肥	5 478.61	9 700.71	12 310.48	19 473.59	7 163.11	8 117.91
	过磷酸钙	3 850.39	8 092.75	11 944.00	18 690.54	6 746.54	7 465.37
扬麦 15	不施肥	2 464.30	7 280.35	8 958.41	10 499.76	1 541.35	1 808.59
	不施磷	4 708.94	6 794.65	9 782.00	15 474.08	5 692.08	6 871.30
	磷酸二铵	5 192.84	8 946.29	13 268.45	19 989.26	6 720.81	7 733.39
	复合肥	5 124.46	9 134.28	13 194.09	20 075.54	6 881.45	7 939.31
	过磷酸钙	4 972.25	8 444.45	10 456.39	16 498.31	6 041.92	6 806.25
宁麦 9 号	不施肥	3 564.47	7 454.20	8 854.15	10 686.16	1 832.01	1 995.10
	不施磷	3 542.46	7 690.05	9 164.94	13 994.60	4 829.66	5 168.26
	磷酸二铵	4 870.10	7 805.15	11 704.74	17 969.90	6 265.16	6 917.36
	复合肥	4 488.00	9 092.49	10 420.03	17 293.31	6 873.28	7 517.38
	过磷酸钙	3 872.54	8 158.61	9 968.51	15 868.17	5 899.66	6 441.32
宁麦 13	不施肥	3 300.86	6 796.36	7 668.74	9 609.83	1 941.09	2 261.61
	不施磷	3 542.45	7 092.04	9 178.41	13 790.60	4 612.19	5 320.33
	磷酸二铵	5 456.14	7 518.00	11 476.00	17 444.46	5 968.46	7 054.85
	复合肥	5 522.46	8 246.61	10 300.05	16 932.14	6 632.09	7 726.39
	过磷酸钙	4 334.48	7 578.01	9 526.31	14 785.72	5 259.41	5 802.34

2.5 不同磷肥对小麦籽粒蛋白质含量的影响

由图 2 可以看出,各处理的籽粒蛋白质含量均小于 11.5%,符合国家优质弱筋小麦品质指标 (GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》)。不同种类磷肥处理下的扬麦 13 号、扬麦 15、宁麦 13 的籽粒蛋白质含量差异均呈显著,且

蛋白质含量均表现为磷酸二铵 > 复合肥 > 普钙处理,而对宁麦 9 号的籽粒蛋白质含量影响不一致,复合肥处理的蛋白质含量表现为最高。表明不同磷肥对弱筋小麦籽粒蛋白质含量的调控作用不同,但施用磷肥均能改善籽粒品质,并且符合弱筋小麦品质的相关指标。

表 3 不同磷肥对弱筋小麦籽粒产量及其构成因素的影响

品种	肥料种类	穗数 (万穗/hm ²)	每穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm ²)	籽粒产量 (kg/hm ²)	磷肥生产效率 (kg/kg)	磷肥农学效率 (kg/kg)
扬麦 13 号	不施磷	361.02b	45.15ab	45.82a	7 468.83c	5 621.78c		
	磷酸二铵	421.52ab	43.07c	43.16c	7 838.83b	7 792.39ab	72.15	20.10
	复合肥	466.02a	43.83bc	40.72d	8 306.22a	8 117.91a	75.17	23.11
	过磷酸钙	403.52ab	46.29a	44.96b	8 385.45a	7 465.37b	69.12	17.07
扬麦 15	不施磷	441.02b	36.80a	45.35d	7 361.50b	6 871.30b		
	磷酸二铵	549.03a	30.45b	49.04b	8 199.04a	7 733.39a	71.61	7.98
	复合肥	553.53a	30.93b	47.84c	8 189.34a	7 939.31a	73.51	9.89
	过磷酸钙	449.02b	30.80b	50.45a	6 976.30c	6 806.25b	63.02	-0.60
宁麦 9 号	不施磷	385.02b	35.18c	39.54a	5 354.75b	5168.26c		
	磷酸二铵	498.52a	38.83b	36.49d	7 064.62d	6 917.36b	64.05	16.20
	复合肥	460.52a	46.20a	37.05c	7 879.49a	7 517.38a	69.61	21.75
	过磷酸钙	360.02b	47.42a	38.79b	6 618.57c	6 441.32b	59.64	11.79
宁麦 13	不施磷	352.02c	32.65b	47.70b	5 482.69c	5 320.33d		
	磷酸二铵	457.52ab	37.18a	46.99c	7 994.24a	7 054.85b	65.32	16.06
	复合肥	477.52a	37.28a	46.34d	8 251.17a	7 726.39a	71.54	22.28
	过磷酸钙	395.52bc	31.40b	48.59a	6 034.88b	5 802.34c	53.73	4.46

注:表中同列不同小写字母表示同一品种不同磷肥处理间差异显著($P<0.05$)。

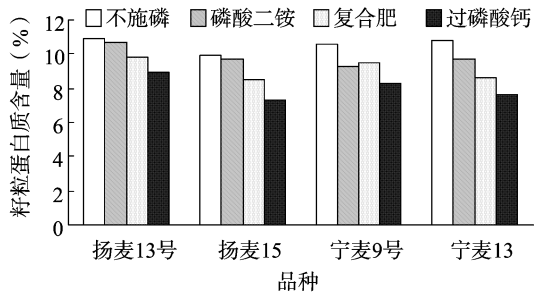


图2 不同磷肥对弱筋小麦籽粒蛋白质含量的影响

3 结论

本试验条件下,施用不同种类磷肥均能改善小麦群体、个体生产条件,有效促进小麦分蘖发生,提高茎蘖成穗,增加单位面积穗数,这一结果与区沃恒等的研究结果^[2]一致;各处理品质均符合国家优质弱筋小麦品质指标(GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》),但不同磷肥种类施用后对产量影响不同,以施用复合肥处理的效果最好。

施用磷肥后对产量构成因素的影响因磷肥种类不同而各异,不同磷肥对成穗率的影响存在差异,以复合肥处理的成穗率表现最高。各种磷肥均促进了穗数的增加,而穗粒数和粒重变化因品种存在差异。施用磷肥后,扬麦 15 穗粒数下降,粒重增加,而扬麦 13 号、宁麦 9 号和宁麦 13 则穗粒数有所上升,粒重下降。

籽粒干物质的 70%~90%来自开花后积累的光合产物,且随着产量水平的提高,花后积累物质对产量的贡献增大。本试验条件下,各施磷处理返青期前 LAI 无差异,拔节后 LAI 显著增大,功能延长,花后干物质积累量均与籽粒产量呈极显著正相关,且花后干物质积累量越高,籽粒产量也越高,与前人研究结果一致。各处理的花后干物质积累量均表现为复合肥>磷酸二铵>过磷酸钙处理,这与各处理的籽粒产量规律相一致。4 个参试小麦品种的 3 种磷肥处理中,复合肥处理

的群体 LAI 在孕穗期均最高,为花后干物质较高的积累量提供了保障。综上所述,可以认为 3 个磷肥品种中,施用复合肥(含 N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%)对提高弱筋小麦的产量和改善籽粒品质效果最佳。

参考文献:

[1] 郑伟. 小麦品质性状及其调优技术研究进展[J]. 耕作与栽培, 2001(1): 10-12.
[2] 区沃恒, 焦志勇, 傅显华, 等. 小麦磷素营养[J]. 中国农业科学, 1978(3): 49-54.
[3] 徐强. 不同时期供磷对器官建成和产量形成的影响[J]. 山东农业科学, 1987(2): 14-18.
[4] 柳林景, 顾万海, 肖跃成, 等. 高沙土小麦超高产养分吸收规律研究[J]. 上海农业科技, 1999(1): 23-24.
[5] 姜宗庆, 封超年, 黄联联, 等. 施磷量对不同专用小麦籽粒蛋白含量及其组分含量的影响[J]. 扬州大学学报, 2006, 27(2): 26-30.
[6] 杨胜利, 马玉霞, 冯荣成, 等. 磷肥用量对强筋和弱筋小麦产量及品质的影响[J]. 河南农业科学, 2004(7): 54-57.
[7] 毛凤梧, 赵会杰, 段藏禄. 潮土麦田施磷对小麦品质的影响初探[J]. 河南农业大学学报, 2001, 35(4): 400-402.
[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 178-199.
[9] 葛道阔, 曹宏鑫, 张利华, 等. WCSODS 中小麦生育期模型在淮河流域旱涝胁迫环境下的改进[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(4): 722-727.
[10] 朱新开, 郭文善, 周正权, 等. 氮肥对中筋小麦扬麦 10 号氮素吸收、产量和品质的调节效应[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 1831-1837.
[11] 孙国峰, 周炜, 何加骏, 等. 猪粪沼液施用后土壤理化性状及小麦产量的变化[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 1054-1060.
[12] 陆卫平, 蔡志飞, 赵祥祥, 等. 不同时期施用氮肥对苏玉糯 1 号产量形成的作用[J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 1999, 2(3): 46-50.