

## 不同施氮量对藜麦生长发育的影响

王爽, 龚明强, 周定邦, 万波, 易峰\*

(光明农业发展(集团)有限公司上海农业技术中心, 上海 202172)

**摘要** 以光明藜麦1号和光明藜麦2号为试验品种, 利用不同施氮量田间试验结果, 分析不同施氮量对藜麦生长发育的影响。结果表明, 藜麦经济系数、产量、氮素农学利用率和氮肥贡献率均随着施氮量的增加先升高后降低。光明藜麦1号在施氮量为240~270 kg/hm<sup>2</sup>时产量较高, 为3 354~3 371 kg/hm<sup>2</sup>, 光明藜麦2号在施氮量为210~240 kg/hm<sup>2</sup>时产量较高, 为3 498~3 810 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词** 藜麦; 氮肥; 产量

中图分类号 S 519 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)20-0140-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.036



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Different Nitrogen Rates on the Growth and Development of Quinoa

WANG Shuang, GONG Ming-qiang, ZHOU Ding-bang et al (Guangming Agricultural Development (Group) Co., Ltd., Shanghai Agricultural Technology Center, Shanghai 202172)

**Abstract** Taking Guangming quinoa No.1 and Guangming quinoa No.2 as experimental varieties, the effects of different nitrogen application rates on quinoa growth and development were analyzed by using the results of field experiments. The results showed that the economic coefficient, yield, nitrogen utilization efficiency and nitrogen contribution rate of quinoa increased first and then decreased with the increase of nitrogen application. The highest yield of Guangming quinoa No.1 was 3 354~3 371 kg/hm<sup>2</sup> when the nitrogen application was 240~270 kg/hm<sup>2</sup>, and the highest yield of Guangming quinoa No.2 was 3 498~3 810 kg/hm<sup>2</sup> when the nitrogen application was 210~240 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words** Quinoa; Nitrogen fertilizer; Yield

藜麦属于藜科藜属植物, 穗部发育前与灰灰菜类似, 穗部发育后与灰灰菜有明显不同。藜麦原产于南美洲安第斯山脉的哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁等中高海拔山区<sup>[1]</sup>, 具有一定的抗逆性, 在海拔较高、雨水较少、温度较低的地区均能够生长。藜麦富含镁、锰、锌、铁、钙、钾、硒、铜、磷等矿物质, 平均超过普通食物3倍以上, 富含不饱和脂肪酸、类黄酮、B族维生素和E族维生素、胆碱、甜菜碱、叶酸、 $\alpha$ -亚麻酸、 $\beta$ -葡聚糖等多种有益化合物, 膳食纤维含量高达7.1%, 胆固醇为0, 有“粮食之母”“营养黄金”之称, 被联合国粮农组织认定为唯一一种单体植物即可满足人体基本要求的食物<sup>[2-4]</sup>。

氮肥是植物生长发育过程中不可或缺的一部分, 氮肥能够提高作物产量、改善农作物品质。氮肥施用过多容易造成植物贪青晚熟、生育期延长、作物倒伏率提高、抗逆性降低等。而氮肥施用较少会影响作物生长发育, 容易造成植株生长缓慢, 叶片变黄, 植株提前衰老, 影响作物产量及品质, 因此科学合理地施用氮肥能够维持作物正常生长发育, 对作物产量的提高具有积极作用<sup>[5-7]</sup>。康小华等<sup>[8]</sup>研究发现, 在施氮量为0~90 kg/hm<sup>2</sup>时, 藜麦产量随着施氮量的增加先升高后降低, 在60 kg/hm<sup>2</sup>时产量最高。Schulte auf'm Erley等<sup>[9]</sup>研究发现藜麦对施氮量反应明显, 且随着施氮量的增加氮肥利用率降低。因此, 笔者探究不同氮肥施用量对不同品种藜麦生产的影响, 进一步筛选出适合藜麦生长的最佳施氮量, 旨在为崇明及长三角地区藜麦的栽培提供理论依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验地概况** 试验在上海市崇明区光明农业发展(集团)有限公司上海农业技术中心试验农场内进行。该基地属

于亚热带季风气候, 温和湿润, 全年日照数1 982.7 h, 年平均气温16.5℃, 无霜期229 d, 年平均降雨量1 128.9 mm。

**1.2 试验材料** 光明藜麦1号, 光明藜麦2号。

**1.3 试验方法** 试验于2021年2月16日在技术中心2<sup>#</sup>试验田开展, 行距40 cm, 密度为24万株/hm<sup>2</sup>, 设置总氮含量分别为处理①180 kg/hm<sup>2</sup>、处理②210 kg/hm<sup>2</sup>、处理③240 kg/hm<sup>2</sup>、处理④270 kg/hm<sup>2</sup>、处理⑤300 kg/hm<sup>2</sup>、处理⑥330 kg/hm<sup>2</sup>、处理⑦360 kg/hm<sup>2</sup>、处理⑧0 kg/hm<sup>2</sup> 8个肥料处理, 2个品种, 重复2次, 共32个处理, 基肥与苔肥施用比例为7:3, 复合肥为绿先机配方肥(12-15-12), 尿素含量46.3%。

**1.4 测定指标与方法** 田间试验测定指标为植株株高、成熟期干物质重。实验室测定成熟期植株及籽粒中氮、磷、钾含量。

株高: 在藜麦生理成熟期, 每个小区选6株有代表性的植株从地面到主茎顶端进行测量。干物质重: 在藜麦生理成熟后, 每个小区选取6株具有代表性的植株, 将籽粒和茎秆分开进行105℃、30 min杀青后80℃烘干至恒重, 进行称重, 取平均值。植株中氮、磷、钾含量测定: 在藜麦生理成熟后, 每个小区选6株具有代表性的植株, 将籽粒和茎秆分开进行105℃、30 min杀青后80℃烘干至恒重, 磨粉后送检。

籽粒养分吸收量(kg/hm<sup>2</sup>) = 籽粒重量(kg/hm<sup>2</sup>) × 籽粒养分含量(kg/kg)

植株养分吸收量(kg/hm<sup>2</sup>) = 植株干重(kg/hm<sup>2</sup>) × 植株养分含量(kg/kg)

氮素农学效率(NAE)(kg/kg) = (Y - Y<sub>0</sub>) / F

氮素偏生产力(PFPN)(kg/kg) = Y / F

氮素表观利用率(REN) = (N - N<sub>0</sub>) / F × 100%

氮素贡献率(NCR) = (Y - Y<sub>0</sub>) / Y × 100%

**基金项目** 企业内部项目“光明米业藜麦高产优质种植技术的研究”。  
**作者简介** 王爽(1993—), 女, 内蒙古通辽人, 农艺师, 硕士, 从事作物栽培研究。\*通信作者, 高级农艺师, 从事生态农业发展研究。  
**收稿日期** 2022-05-15; **修回日期** 2022-06-27

式中,  $Y$  为施氮处理获得的籽粒产量,  $Y_0$  为不施氮处理获得的籽粒产量,  $N$  为施氮处理地上部分吸氮量,  $N_0$  为不施氮处理地上部分吸氮量,  $F$  为施氮量。

**1.5 数据处理** 采用 Excel 2013、SPSS 16.0 软件进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施氮量对藜麦产量性状的影响** 由表 1 可知, 2 个品种株高均随着施氮量的增加而升高, 处理⑦株高最高, 未施氮肥处理③株高最低, 光明藜麦 1 号株高明显高于光明藜麦 2 号。不同施氮量间千粒重变化不大, 光明藜麦 1 号处理①、处理⑤、处理⑦、处理⑧与处理②~④之间均存在显著差异, 光明藜麦 2 号不同施氮量之间千粒重均无显著差异。随着施氮量的增加藜麦产量呈先增加后降低趋势, 2 个品种藜

麦均在处理③产量最高, 光明藜麦 1 号最高产量为 3 371.55 kg/hm<sup>2</sup>, 处理②~⑥产量均较高且相互间无显著差异, 产量最高处理较其他处理分别高 9.09%、2.77%、0.49%、2.28%、3.70%、16.85%和 45.51%。光明藜麦 2 号产量在处理③最高为 3 810.45 kg/hm<sup>2</sup>, 与处理②无显著差异, 与其他处理均存在显著差异, 产量最高处理较其他处理分别高 25.09%、8.93%、10.94%、18.93%、15.78%、33.03%和 54.10%。

成熟期籽粒经济系数与藜麦产量变化一致, 均随着施氮量的增加先升高后降低。2 个品种总干物重随着施氮量的增加而升高, 均在施氮量为 360 kg/hm<sup>2</sup> 时最高。光明藜麦 1 号经济系数整体小于光明藜麦 2 号经济系数, 说明相同干物重的前提下, 光明藜麦 2 号产量潜力更高。

表 1 不同施氮量对藜麦产量性状的影响

Table 1 Effect of different nitrogen application rates on yield characters of quinoa

品种 Varieties	处理 Treatment	株高 Plant height cm	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	总干物重 Dry weight kg/hm <sup>2</sup>	经济系数 Economic coefficient %
光明藜麦 1 号 Guangming quinoa No.1	①	131.2 c	2.547 a	3 090.60 b	6 443.25 c	34.28
	②	137.0 bc	2.205 b	3 280.80 ab	7 867.95 bc	35.94
	③	137.3 b	2.389 b	3 371.55 a	8 533.50 b	39.70
	④	141.0 ab	2.286 b	3 354.90 a	8 711.25 cb	33.39
	⑤	139.4 b	2.566 a	3 296.55 ab	8 650.50 ab	31.64
	⑥	147.2 ab	2.378 ab	3 251.10 ab	8 339.70 b	29.47
	⑦	150.3 a	2.465 a	2 885.25 b	9 569.70 a	27.42
	⑧	111.0 c	2.498 a	2 317.05 c	6 115.65 c	34.72
光明藜麦 2 号 Guangming quinoa No.2	①	78.4 c	2.493 a	3 046.05 bc	6 358.80 c	45.52
	②	95.0 b	2.493 a	3 498.15 ab	6 645.60 c	43.83
	③	97.2 b	2.848 a	3 810.45 a	7 234.35 b	47.29
	④	104.4 ab	2.700 a	3 434.55 b	7 392.90 ab	45.85
	⑤	99.2 b	2.581 a	3 204.00 b	7 611.15 a	43.75
	⑥	111.8 ab	2.583 a	3 291.15 bc	7 288.05 ab	38.50
	⑦	119.2 a	2.548 a	2 864.40 c	7 622.40 a	37.42
	⑧	69.2 c	2.761 a	2 472.75 d	5 676.75 d	47.17

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

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

**2.2 不同施肥量对藜麦氮、磷、钾吸收的影响** 由表 2 可知, 随着施氮量的增加, 藜麦籽粒中氮元素的吸收量呈先上升后降低趋势, 2 个品种籽粒中氮含量均在处理③最高, 未施氮处理⑧最低, 光明藜麦 1 号各施氮处理比不施氮肥处理分别高 13.53%、50.01%、73.00%、46.63%、34.77%、24.31%和 38.75%。光明藜麦 2 号各施氮处理比不施氮肥处理分别高 12.05%、25.14%、54.76%、43.59%、45.60%、24.80%和 25.57%。

藜麦整株植株中吸收的氮元素则随着施氮量的增加而升高, 未施氮处理最低, 说明随着施氮量的增加茎秆中吸收的氮元素含量也增加, 光明藜麦 1 号各施氮处理比不施氮肥处理分别高 25.10%、70.85%、68.04%、73.12%、62.36%、75.01%和 91.24%, 光明藜麦 2 号各施氮处理比不施氮肥处理分别高 9.93%、38.77%、45.90%、48.28%、62.94%、67.64%和 62.69%。2 个品种籽粒中吸收的氮元素差异不大, 但光明藜麦 1 号植株中吸收的氮元素整体上高于光明藜麦 2 号植株

中吸收的氮元素含量, 说明光明藜麦 1 号对氮元素的需求更多, 且大部分吸收的氮用于茎秆的生长。

籽粒和植株中吸收的钾元素和磷元素变化不显著。光明藜麦 1 号植株中吸收的氮元素和钾元素均高于光明藜麦 2 号植株中吸收的 2 种元素。

**2.3 不同施肥量对藜麦氮素利用率的影响** 由表 3 可知, 2 个品种的氮素农学效率和氮肥贡献率随着施氮量的增加呈先升高后降低的趋势, 光明藜麦 1 号偏生产力也随施氮量的升高而降低, 光明藜麦 2 号偏生产力随着施氮量的增加而下降。光明藜麦 1 号农学效率在处理③最高, 处理①最低, 处理①较处理③降低了 90.89%, 光明藜麦 2 号农学效率在处理③最高, 处理⑥最低, 处理⑥较处理③降低了 87.42%。光明藜麦 1 号偏生产力在处理③最高, 处理⑦最低, 处理⑦较处理③降低了 48.37%, 光明藜麦 2 号偏生产力在处理①最高, 处理⑦最低, 处理⑦较处理①降低了 50.75%。光明藜麦 1 号

表观利用率呈先升高后降低再升高趋势,在处理②最高,处理①最低,处理①较处理②降低了 58.67%,光明藜麦 2 号表观利用率总体呈先升高后降低趋势,处理⑤最高,处理①最低,最低较最高降低了 73.68%。光明藜麦 1 号在处理③氮肥

贡献率最高,在处理①最低,最低较最高降低了 89.61%,光明藜麦 2 号在处理③最高,处理⑥最低,最低较最高降低了 78.97%。

表 2 不同施肥量对藜麦氮、磷、钾吸收的影响

Table 2 Effect of different fertilization rates on nitrogen, phosphorus and potassium absorption of quinoa

kg/hm<sup>2</sup>

品种 Varieties	处理 Treatment	籽粒吸收元素含量 Fertilizer content absorbed by grain			植株吸收元素含量 Element content absorbed by plants		
		氮	钾	磷	氮	钾	磷
光明藜麦 1 号 Guangming quinoa No.1	①	68.70	31.81	8.44	157.62	315.09	16.44
	②	90.77	47.22	11.62	215.26	405.08	17.27
	③	104.68	46.07	10.77	211.71	388.26	21.06
	④	88.73	38.69	11.17	218.12	434.40	20.45
	⑤	81.55	34.48	9.30	204.56	398.78	15.28
	⑥	75.22	26.79	8.63	220.49	481.45	17.10
	⑦	83.96	40.40	8.13	240.94	539.83	23.41
	⑧	60.51	31.64	9.36	125.99	326.28	15.71
光明藜麦 2 号 Guangming quinoa No.2	①	73.81	37.05	11.58	126.81	240.06	17.54
	②	82.43	37.57	11.42	160.07	279.84	18.73
	③	101.94	41.74	10.57	168.30	294.94	16.18
	④	94.58	43.05	9.19	171.04	297.64	16.47
	⑤	95.90	39.96	13.72	187.95	291.26	22.84
	⑥	82.20	32.26	8.39	193.37	342.45	15.38
	⑦	82.71	39.07	9.33	187.66	385.39	17.91
	⑧	65.87	36.41	9.80	115.35	296.45	16.13

表 3 不同施肥量对藜麦氮素利用率的影响

Table 3 Effect of different fertilization rates on nitrogen utilization efficiency of quinoa

品种 Varieties	处理 Treatment	农学效率 NAE//kg/kg	偏生产力 PFPN//kg/kg	表观利用率 REN//%	氮素贡献率 NCR//%
光明藜麦 1 号 Guangming quinoa No.1	①	0.48	12.27	17.57	3.88
	②	3.35	13.47	42.51	24.91
	③	5.27	14.12	35.71	37.33
	④	2.91	10.77	34.12	27.01
	⑤	2.04	9.12	26.19	22.42
	⑥	1.01	7.45	28.63	13.62
	⑦	1.39	7.29	31.93	19.07
光明藜麦 2 号 Guangming quinoa No.2	①	1.21	16.08	6.37	7.49
	②	1.12	13.87	21.30	8.07
	③	3.10	14.25	22.06	21.73
	④	2.64	12.56	20.63	21.02
	⑤	2.18	11.10	24.20	19.59
	⑥	0.39	8.50	23.64	4.57
	⑦	0.49	7.92	20.09	6.12

### 3 讨论

不同施氮量对作物的影响较大。马畅等<sup>[10]</sup>研究不同施氮量对粳稻产量的影响发现,氮素水平对产量、穗粒数、千粒重、穗数和颖花数的影响达极显著水平,氮素水平有利于提高水稻加工品质。蒋进等<sup>[11]</sup>对弱筋小麦进行不同氮水平试验,结果表明,小麦产量随着施氮量的增加而增加,氮肥显著影响小麦品质。张宏等<sup>[12]</sup>对不同施氮量下棉花经济效益进行分析,发现随着施氮量的增加,经济系数呈先升高后降低的趋势,这与该试验结果相同。张燕等<sup>[13]</sup>研究不同氮磷配施对藜麦产量的影响,结果表明,当施氮量为 0~150 kg/hm<sup>2</sup>

时产量逐渐升高,后继续增加施氮量产量有所降低。与该试验结果相同,随着施氮量的增加,2 个品种藜麦产量均呈先升高后降低趋势,且均在施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最高,光明藜麦 1 号产量最高为 3 371.55 kg/hm<sup>2</sup>,光明藜麦 2 号产量最高为 3 810.45 kg/hm<sup>2</sup>,未施肥处理产量最低。试验过程中对田间施氮量小区观察发现,施氮量越多,成熟期越迟,籽粒贪青晚熟,成熟度降低,再加上藜麦株高随着施氮量的增加而升高,导致田间倒伏率增加,因此影响藜麦产量。

作物对氮磷钾元素的吸收一直是国内外专家研究的重点问题。孙永健等<sup>[14]</sup>研究表明,在一定施氮范围内,氮磷钾

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<sup>[12]</sup>研究表明,施氮量在 0~220 kg/hm<sup>2</sup>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<sup>[15]</sup>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<sup>[16]</sup>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<sup>[17-18]</sup>。王秀斌等<sup>[19]</sup>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,氮肥贡献率先升高后降低的趋势,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<sup>[20]</sup>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/hm<sup>2</sup> 时产量较高,在施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 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/hm<sup>2</sup> 时产量较高,在施氮量为 240~270 kg/hm<sup>2</sup> 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] 管晓,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配施对藜麦产量的影响[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.
- [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,齐土发,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.

(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.大豆一玉米轮作区适宜 NPK 用量试验研究