

## 包膜肥对早熟油菜产量及养分利用的影响

田昌<sup>1,2,3,4</sup>, 谭太龙<sup>5\*</sup>, 杨勇<sup>1</sup>, 宋海星<sup>1,2,3,4\*</sup>, 刘强<sup>1,2,3,4</sup>, 彭建伟<sup>1,2,3,4</sup>, 荣湘民<sup>1,2,3,4</sup>, 官春云<sup>5\*</sup>

(1.湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128; 2.土壤肥料资源高效利用国家工程实验室, 湖南长沙 410128; 3.农田污染控制与农业资源利用湖南省重点实验室, 湖南长沙 410128; 4.植物营养湖南省普通高等学校重点实验室, 湖南长沙 410128; 5.国家油料改良中心湖南分中心, 湖南长沙 410128)

**摘要:** 采用田间小区试验, 研究不同包膜肥用量对早熟油菜‘湘杂油 1613’产量及养分利用的影响。结果表明: 单位面积包膜肥和普通肥施用量相等时, 包膜肥处理的籽粒产量均高于普通肥处理, 处理 B<sub>4</sub>(施包膜肥 1 500 kg/hm<sup>2</sup>)的籽粒产量最高, 达 2 066.97 kg/hm<sup>2</sup>, 处理 B<sub>3</sub>(施包膜肥 2 250 kg/hm<sup>2</sup>)次之, 籽粒产量为 1 929.97 kg/hm<sup>2</sup>; 普通肥处理 A<sub>3</sub>(施普通肥 2 250 kg/hm<sup>2</sup>)与 A<sub>4</sub>(施普通肥 1 500 kg/hm<sup>2</sup>)的产量差异较小, 分别为 1 844.50、1 839.40 kg/hm<sup>2</sup>, 均低于等量包膜肥处理, 且处理 B<sub>4</sub>的利润最高, 达 7 126.4 元/hm<sup>2</sup>, 处理 B<sub>4</sub>比 A<sub>4</sub>增产 12.37%, 单位产量的包膜肥用量减少 11.01%。包膜肥处理油菜生育期植株的氮、磷、钾素累积量和肥料利用率基本高于等量普通肥处理。综合考虑产量、利润等因素, 在本试验范围内以施包膜肥 1 500 kg/hm<sup>2</sup>处理的效果较好。

**关键词:** 早熟油菜; 包膜肥; 普通肥; 产量; 养分利用

中图分类号: S147.5; S565.4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)01-0078-05

## Effects of coated fertilizer on the yield and nutrient utilization of the precocious rape

TIAN Chang<sup>1,2,3,4</sup>, TAN Tai-long<sup>5\*</sup>, YANG Yong<sup>1</sup>, SONG Hai-xing<sup>1,2,3,4\*</sup>, LIU Qiang<sup>1,2,3,4</sup>,  
PENG Jian-wei<sup>1,2,3,4</sup>, RONG Xiang-min<sup>1,2,3,4</sup>, GUAN Chun-yun<sup>5\*</sup>

(1.College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.National Engineering Laboratory on Soil and Fertilizer Resources Efficient Utilization, Changsha 410128, China; 3.Hunan Provincial Key Laboratory of Farmland Pollution Control and Agricultural Resources Use, Changsha 410128, China; 4.Hunan Provincial Key Laboratory of Plant Nutrition in Common University, Changsha 410128, China; 5.Hunan Branch, National Center of Oilseed Crops Improvement, Changsha 410128, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to study the effects of different dosage of coated fertilizer on the yield and nutrients utilization of Xiangzayou ‘1613’. The results showed that coated fertilizer (CF) could improve yield significantly compared with that of the same amount of ordinary fertilizer (OF), the yield of B<sub>4</sub> (1 500 kg/hm<sup>2</sup> CF usage) reached 2 066.9 kg/hm<sup>2</sup>, was the highest, followed by B<sub>3</sub> (2 250 kg/hm<sup>2</sup> CF usage), which was 1 929.9 kg/hm<sup>2</sup>; There was little difference between A<sub>3</sub> (2 250 kg/hm<sup>2</sup> OF dosage) and A<sub>4</sub> (1 500 kg/hm<sup>2</sup> OF dosage) in the yield, which was 1 844.50 and 1 839.40 kg/hm<sup>2</sup> respectively, lower than the same amount of CF. The profit of B<sub>4</sub> was the greatest, which reached 7 126.4 Yuan/hm<sup>2</sup>. Compare with A<sub>4</sub>, the yield of B<sub>4</sub> increased 12.37% and the fertilizer usage reduced 11.01%. Moreover, treatment of CF was higher in N, P, K accumulation compared to treatment OF. In general, by taken comprehensive consideration of outputs, profits and other factors, the best dosage for CF was 1 500 kg/hm<sup>2</sup>.

收稿日期: 2014-01-02

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2010BAD01B01); 国家自然科学基金项目(31372130); 湖南省政府专项; 湖南农业大学青年基金(12QN25)

作者简介: 田昌(1986—), 男, 湖南浏阳人, 助理实验师, 主要从事植物营养与施肥研究, chtian12@126.com; \* 通信作者, ttl205@aliyun.com, shx723@163.com

**Key words:** precocious rape; coated fertilizer; ordinary fertilizer; yield; nutrient utilization

四大油料作物之一的油菜在中国的种植面积和总产量均占世界的1/3左右。中国的食用油近50%来自植物油,因此,油菜产业的稳步发展关系到人民生活水平的提高、膳食结构的改变、食用油的供给安全<sup>[1-2]</sup>等。长江流域具有油菜生长适宜的气候条件。该地区油菜种植面积占全国总面积的80%以上,油菜籽年均总产量占全国总产量的85%左右,所以,该地区的油菜发展状况直接影响着中国油菜产业的整体水平<sup>[3-4]</sup>。目前,农民施肥仍具有习惯性及盲目性,如偏施氮肥,忽视有机肥或氮、磷、钾肥比例等<sup>[5]</sup>。2004—2007年中国油菜的N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O表观利用率分别为34.0%、17.4%和36.9%<sup>[4]</sup>,与发达国家的氮肥利用率(40%~60%)<sup>[6]</sup>相比仍有较大的提升空间。

缓/控释肥料具有利用率高、损失少、一次施用基本可满足作物全生育期养分需求等特点<sup>[7-8]</sup>,所以,许多学者认为包膜型缓/控释肥料<sup>[9]</sup>将成为未来化肥的发展方向<sup>[10-11]</sup>。目前,关于缓/控释肥在水稻、玉米、小麦、花生、棉花和烟草等主要粮食作物及经济作物上的研究较多<sup>[12-17]</sup>,且在改善农艺性状、提高作物产量和蛋白质产量、提高肥料利用率方面均取得了较好的效果,但在油菜方面的研究尚少。本试验中选取适合长江流域生产的复混肥和由复混肥与自制肥料控释包衣剂组合成的包膜肥(此包膜肥以达到缓/控释效果为目的)为材料,对比2种肥料不同用量对早熟油菜‘湘杂油1613’产量和肥料利用率的影响,旨在探明包膜肥在早熟油菜上的施用效果,为早熟油菜的轻简化栽培提供技术支持,为包膜肥料的发展和油菜合理施肥提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试早熟油菜品种‘湘杂油1613’,由国家油料改良中心湖南分中心提供。

供试土壤为第四纪红壤发育成的红黄泥,其全氮、全磷、全钾、有机质含量分别为2.73、0.54、16.38、48.89 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾、速效硼含量分别为169.16、15.43、39.00、0.31 mg/kg。

供试肥料:普通复混肥(以下简称普通肥)N、

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O含量比为12:6:7,由湖南华绿生物科技有限公司生产,湖南农业大学资源环境学院植物营养学课题组在前期研究中已证实其为本试验所属区域的适宜配方。包膜复混肥(以下简称包膜肥),由肥料控释包衣剂与普通复混肥包膜而成,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O含量比为12:6:7。硼肥,含硼10.8%。

### 1.2 试验设计

大田试验于2011年10月至2012年5月在湖南省宁乡县回龙铺镇进行。试验设11个处理,处理A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>分别施普通肥3750、3000、2250、1500、750 kg/hm<sup>2</sup>,处理B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>分别施包膜肥3750、3000、2250、1500、750 kg/hm<sup>2</sup>(换算成单位面积N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、B的施用量见表1),对照(CK)为不施肥处理。每处理重复3次,随机区组排列,共33个小区,每小区面积为20 m<sup>2</sup>(其中5 m<sup>2</sup>为采样区,15 m<sup>2</sup>为测产区)。出苗后通过2次间苗,将密度调整为37.5万株/hm<sup>2</sup>。田间管理同一般油菜田。所有肥料均作基肥一次性撒施。

表1 不同处理的单位面积N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、B施用量  
Table 1 Per unit dosage of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, B in different treatments

处理	养分施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	B
A <sub>1</sub>	450.0	225.0	262.5	1.6
B <sub>1</sub>	450.0	225.0	262.5	1.6
A <sub>2</sub>	360.0	180.0	210.0	1.6
B <sub>2</sub>	360.0	180.0	210.0	1.6
A <sub>3</sub>	270.0	135.0	157.5	1.6
B <sub>3</sub>	270.0	135.0	157.5	1.6
A <sub>4</sub>	180.0	90.0	105.0	1.6
B <sub>4</sub>	180.0	90.0	105.0	1.6
A <sub>5</sub>	90.0	45.0	52.5	1.6
B <sub>5</sub>	90.0	45.0	52.5	1.6

于越冬期、盛花期、收获期在每小区各采取5株全株样品,分别将其洗净、杀青、烘干、称重、粉碎、过筛后密封保存,用于测定植株氮、磷、钾含量。收获期按小区进行测产。

### 1.3 测定项目与方法

分别测定3个生长期植株及油菜籽粒的全氮、全磷、全钾含量,前处理采用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮,全

氮含量用凯氏定氮法测定,全磷含量用钒钼黄比色法测定,全钾含量用火焰光度法测定。

养分(氮、磷、钾)累积量=养分(氮、磷、钾)含量×干物质量。

利润=籽粒产量×籽粒当季市场价(4.5元/kg) - 肥料用量×肥料当季市场价(包膜肥为1.45元/kg,普通肥为1.40元/kg)。

#### 1.4 数据处理

采用Excel 2003和DPS v7.05分析试验数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理油菜的产量、增产率及单位产量需肥量

由表2可知,包膜肥处理的籽粒产量均高于其等量普通肥处理,但其间的差异均无统计学意义,其中,处理B<sub>4</sub>的产量最高,达2 066.97 kg/hm<sup>2</sup>,其次为处理B<sub>3</sub>,产量为1 929.97 kg/hm<sup>2</sup>;处理A<sub>1</sub>的产量最低,仅664.63 kg/hm<sup>2</sup>,比不施肥处理降低了6.2%。处理A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>比CK分别增产63.5%、160.2%、159.5%和113.6%,处理B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>比CK分别增产25.9%、89.9%、172.2%、191.6%和154.5%;处理B<sub>1</sub>比A<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>比A<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>比A<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>比A<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>比A<sub>5</sub>分别增产34.31%、16.14%、4.63%、12.37%和19.20%,每1 kg籽粒的需肥量分别减少25.55%、13.90%、4.43%、11.01%、16.11%。可见,包膜肥的增产效果比普通肥好,其中B<sub>4</sub>和B<sub>5</sub>的肥料用量较小,但增产率较大。

表2 不同处理油菜的籽粒产量及单位产量需肥量

处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	每1 kg籽粒的需肥量/kg
A <sub>1</sub>	(664.63±61.48)g	5.642
B <sub>1</sub>	(892.67±66.51)efg	4.201
A <sub>2</sub>	(1 159.33±104.87)def	2.588
B <sub>2</sub>	(1 346.47±55.47)cde	2.228
A <sub>3</sub>	(1 844.50±176.50)ab	1.220
B <sub>3</sub>	(1 929.97±97.98)ab	1.166
A <sub>4</sub>	(1 839.40±97.54)ab	0.815
B <sub>4</sub>	(2 066.97±68.38)a	0.726
A <sub>5</sub>	(1 513.93±84.59)bcd	0.495
B <sub>5</sub>	(1 804.57±111.63)abc	0.416
CK	(708.97±50.75)fg	—

籽粒收益减去肥料投入即得每个处理的毛利润。处理A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>的利润分别为-2 259.1、1 017.0、5 150.3、6 177.3、5 762.7元/hm<sup>2</sup>,处理B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>的利润分别为-1 420.5、1 709.1、5 422.4、7 126.4、7 033.1元/hm<sup>2</sup>。处理A<sub>1</sub>和B<sub>1</sub>由于施肥量过多,肥料投入大,所以利润为负值;处理A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>和B<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>的利润较高,且包膜肥处理的利润均高于其等量普通肥处理,B<sub>4</sub>比A<sub>4</sub>高949.10元/hm<sup>2</sup>,B<sub>5</sub>比A<sub>5</sub>高1 270.35元/hm<sup>2</sup>。综合考虑产量、增产率、单位产量肥料用量和利润,在本试验范围内,以施包膜肥1 500 kg/hm<sup>2</sup>处理(B<sub>4</sub>)的效果最好。

### 2.2 不同处理油菜的养分累积量

由表3可见,整体而言,随着单位面积肥料施用量的增加,氮、磷、钾养分累积量呈先增加后减

表3 不同处理油菜的养分累积量

处理	氮素累积量			磷素累积量			钾素累积量		
	越冬期	盛花期	收获期	越冬期	盛花期	收获期	越冬期	盛花期	钾
A <sub>1</sub>	32.07	126.38	105.96	3.39	24.47	11.37	25.70	103.56	113.67
B <sub>1</sub>	36.44	148.86	126.51	3.75	25.64	13.77	28.62	114.68	126.09
A <sub>2</sub>	35.50	144.52	147.57	3.29	23.02	15.03	26.43	103.03	109.46
B <sub>2</sub>	42.26	149.44	145.40	3.81	23.51	16.35	30.66	110.04	117.01
A <sub>3</sub>	62.52	156.60	148.16	6.41	25.98	20.60	49.30	123.26	124.91
B <sub>3</sub>	71.03	202.43	166.43	6.94	27.01	23.10	57.76	119.75	131.19
A <sub>4</sub>	69.18	142.29	137.85	6.99	19.64	20.13	57.94	124.66	126.45
B <sub>4</sub>	87.54	176.52	177.76	8.78	24.64	22.82	77.45	141.96	144.18
A <sub>5</sub>	54.01	118.64	110.18	5.53	16.95	17.36	46.35	104.23	98.04
B <sub>5</sub>	59.32	170.01	122.40	5.85	23.14	19.50	50.34	136.67	113.23
CK	25.20	65.86	50.51	2.51	11.49	6.67	22.91	66.47	53.62

少的趋势,包膜肥处理的氮、磷、钾养分累积量均高于其等量普通肥处理,其中氮素累积量的差异最明显,钾素次之,且肥料用量越大,养分累积量越少,这可能由于过量施肥影响了油菜的生长。

氮素累积量随生育期的推进呈先升高后降低的趋势,这主要受3个时期植株干物质的影响,越冬期干物质累积量较少,盛花期急剧增加,收获期稍有下降,且处理B<sub>4</sub>在越冬期与收获期的单位面积干物质均最高,分别达87.54、177.76 kg/hm<sup>2</sup>,盛花期时略低于处理B<sub>3</sub>。磷素累积量在各生育期的变化规律与氮素基本一致,不同处理间的变化相对较小,以处理B<sub>4</sub>的较高。钾素累积量在越冬期最低,在盛花期和收获期的变化不大,均以处理B<sub>4</sub>的最高,越冬期、盛花期、收获期分别达77.45、141.96、144.18 kg/hm<sup>2</sup>,因此,施肥量过高或过低均不利于植株养分的累积。施肥量为1 500~2 250 kg/hm<sup>2</sup>时,早熟油菜各生育期的养分累积量均较高,其中处理B<sub>4</sub>的表现尤其突出。结合籽粒产量可以看出,越冬期、盛花期和收获期的油菜养分累积量在一定程度上可反映收获期的籽粒产量,即养分累积量越高的处理,收获期籽粒产量高的可能性也较大。

### 2.3 不同处理油菜的氮、磷、钾肥利用率

用差值法计算出的肥料利用率结果偏高,真实

性较差,但具有可比性。由图1可见,随着肥料施用量的增加,氮、磷、钾肥利用率呈下降趋势,表现为施肥量较低处理的氮、磷、钾肥利用率较高,其中处理B<sub>5</sub>的最高,且包膜肥处理氮、磷、钾肥的利用率均比等量普通肥处理的高,其中,钾肥的利用率最高,磷肥的利用率最低。包膜肥用量较少的处理B<sub>4</sub>和B<sub>5</sub>的氮、磷、钾肥利用率均显著高于其等量普通肥处理,处理B<sub>3</sub>的氮肥利用率显著高于A<sub>3</sub>,处理B<sub>1</sub>比A<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>比A<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>比A<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>比A<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>比A<sub>5</sub>的氮肥利用率分别增加了37.5%、5.8%、18.7%、15.7%和20.5%,磷肥利用率分别增加了51.2%、15.7%、17.9%、20.0%和20.1%,钾肥利用率分别增加了20.7%、13.5%、8.8%、24.7%和20.6%。氮肥利用率以处理A<sub>1</sub>的最低,仅12.28%,以处理B<sub>5</sub>的最高,达79.88%。普通肥处理的氮肥利用率为12.28%~66.29%,包膜肥处理的氮肥利用率为16.89%~79.88%。磷肥利用率整体较低,处理A<sub>1</sub>的磷肥利用率仅2.09%,处理B<sub>5</sub>的最高,达28.54%,变化趋势与氮肥利用率基本一致。钾肥的利用率较高,但其增幅比氮、磷肥利用率的小,处理B<sub>5</sub>的钾肥利用率达89.42%,因此,包膜肥能够明显提高肥料利用率。处理B<sub>4</sub>和B<sub>5</sub>的肥料利用率都较高,且相对于其等量普通肥处理的增加幅度也较大。

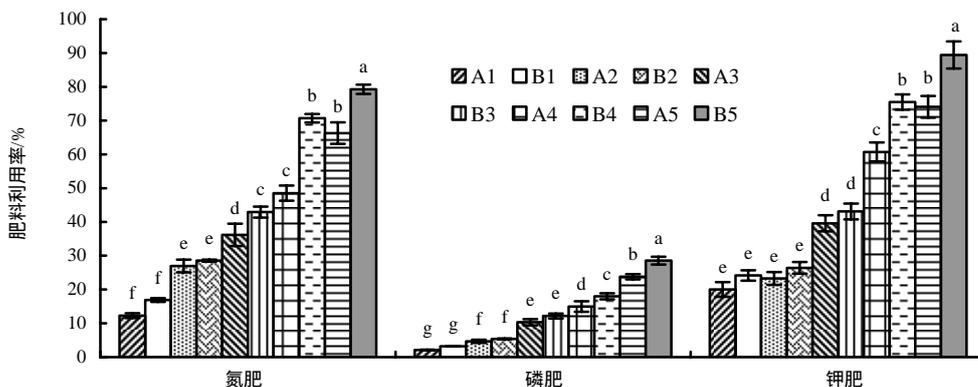


图 1 不同处理油菜的氮、磷、钾肥利用率

Fig.1 Use efficiency of N, P, K in different treatments

## 3 结论与讨论

施肥的目的是提高农作物产量,改善农产品品质,提高耕地产出率和土壤肥力,保证农业生产可持续发展,提高农民收入<sup>[18-19]</sup>。随着生活水平的提高和劳动力结构的改变,轻简化栽培的发展和包膜控释肥的合理运用成为了全球性的热点问题。近年

来,关于包膜肥在油菜上施用效果的研究逐渐增多,如何俊龙等<sup>[20]</sup>认为,施用包膜复混肥可明显提高油菜产量、有效角果数和每角果粒数;王素萍等<sup>[21]</sup>的研究表明,施用控释尿素可使油菜籽产量增加7.1%~19.7%,氮素累积量增加16.9%~27.3%,氮肥利用率提高12.2~17.7个百分点。总之,缓/控释肥料(包膜肥)可以通过提高油菜产量构成因素而提

高产量,且提高肥料利用率。本试验结果表明,处理B<sub>4</sub>的产量最高,达2 066.97 kg/hm<sup>2</sup>,其次为处理B<sub>3</sub>,产量为1 929.97 kg/hm<sup>2</sup>,普通肥处理中A<sub>3</sub>与A<sub>4</sub>的产量差别较小,分别为1 844.50、1 839.40 kg/hm<sup>2</sup>,均低于其等量包膜肥处理;B<sub>4</sub>处理的利润最高,达7 126.4元/hm<sup>2</sup>,B<sub>3</sub>的次之,为7 033.1元/hm<sup>2</sup>。虽然处理B<sub>4</sub>比A<sub>4</sub>增产12.37%,单位产量包膜肥用量减少11.01%,处理B<sub>5</sub>比A<sub>5</sub>增产19.20%,单位产量包膜肥用量减少16.11%,但综合考虑产量、利润等因素,认为包膜肥用量1 500 kg/hm<sup>2</sup>处理(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O和B用量分别为180、90、105、1.6 kg/hm<sup>2</sup>)的效果较好。随着施肥量的增加,油菜籽粒产量呈先增加后减少的趋势变化。肥料施用量过大会抑制油菜的生长和产量的提高,最终导致减产,甚至比不施肥处理的产量更低。包膜肥处理的产量都高于其等量普通肥处理,说明油菜能更好地吸收包膜肥提供的养分,提高养分利用效率,最终提高籽粒产量和种植利润。油菜养分累积量随肥料用量的增加呈先增加后减少的趋势,包膜肥处理的氮、磷、钾累积量基本高于其等量普通肥处理。氮素累积量最高,钾素累积量稍低,磷素累积量最小。各处理氮、磷、钾素累积量都在盛花期较高,在收获期稍有降低,在越冬期最低。处理B<sub>4</sub>的氮、磷、钾累积量在各时期都较高。肥料利用率随着肥料用量的增加呈下降趋势,表现为肥料用量越少,氮、磷、钾肥利用率越高。包膜肥的利用率明显比普通肥高,且增加的幅度也较大,处理B<sub>4</sub>的肥料利用率都较高,氮肥和钾肥利用率高于处理A<sub>5</sub>,说明在适当范围内增施包膜肥能达到增产、增效的效果。

#### 参考文献:

- [1] 王汉中.中国油菜产需形势分析及产业发展对策[J].中国油料作物学报,2007,29(1):101-105.
- [2] 王汉中.中国油菜产业发展的历史回顾与展望[J].中国油料作物学报,2010,32(2):300-302.
- [3] 殷艳,廖星,余波,等.中国油菜生产区域布局演变和成因分析[J].中国油料作物学报,2010,32(1):147-151.
- [4] 邹娟,鲁剑巍,陈防,等.长江流域油菜氮磷钾肥料利用率现状研究[J].作物学报,2011,37(4):729-734.
- [5] 鲁剑巍,陈防,张竹青,等.磷钾肥配合施用对油菜产量及养分积累的影响[J].中国油料作物学报,2003,25(2):52-55.
- [6] 邹娟,鲁剑巍,陈防,等.冬油菜施氮的增产和养分吸收效应及氮肥利用率研究[J].中国农业科学,2011,44(4):745-752.
- [7] Das P, Sa J H, Kim K H, et al. Effect of fertilizer application on ammonia emission and concentration levels of ammonium, nitrate, and nitrite ions in a rice field [J]. Environmental Monitoring Assessment, 2009, 154(1/4): 275-282.
- [8] Fan X H, Li Y C. Effects of slow-release fertilizers on tomato growth and nitrogen leaching[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2009, 40: 3452-3468.
- [9] 张民,杨越超,马丽,等.包膜控释肥料的养分释放及增产效应[J].中国农资,2005(10):45-46.
- [10] 赵秉强,张福锁,廖宗文,等.中国新型肥料发展战略研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(5):536-545.
- [11] 樊小林,廖宗文.控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J].植物营养与肥料学报,1998,4(3):219-223.
- [12] 肖强,张夫道,王玉军,等.纳米材料胶结包膜型缓/控释肥料对作物产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):951-955.
- [13] 陈剑秋,万连步,解玉洪,等.包膜控释肥对烤烟烟叶钾含量的影响[J].中国烟草学报,2008,14(3):40-45.
- [14] 王艳华,董元杰,邱现奎,等.控释肥对坡耕地花生生理特性、产量及品质的影响[J].作物学报,2010,36(11):1974-1980.
- [15] 韩宝文,贾良良,刘小玲,等.河北省冬小麦主产区控释尿素应用效果研究[J].河北农业科学,2010,14(9):56-57.
- [16] 宋世佳,张永江,刘连涛,等.不同施肥模式对棉田肥料利用率及产量的影响[J].河北农业大学学报,2011,34(4):10-15.
- [17] 青先国,王学华.湖南水稻丰产高效技术集成研究初报[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(5):480-483.
- [18] 吴文革,张四海,赵决建,等.氮肥运筹模式对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):757-764.
- [19] 杨勇,刘强,宋海星,等.包膜互混肥对油菜养分和产量的影响[J].中国农学通报,2012,28(36):201-204.
- [20] 何俊龙,谭太龙,刘强,等.包膜复混肥对油菜产量和生物量及养分积累的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2013,39(6):666-669.
- [21] 王素萍,李小坤,鲁剑巍,等.施用控释尿素对油菜籽产量、氮肥利用率及土壤无机氮含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(6):1449-1456.

责任编辑:王赛群

英文编辑:王 库