

硫包衣尿素用量对旱作区胡麻 生长及产量性状的影响

张 炜, 陆俊武, 曹秀霞*, 钱爱萍, 剡宽将

(宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000)

摘 要: 针对旱作区胡麻生产中种肥无法满足全生育期养分需求, 缺乏灌溉条件, 无法进行追肥的问题, 于 2015 ~ 2016 年, 在宁夏彭阳县旱作雨养农业区以硫包衣尿素为供试肥料, 开展田间试验, 研究硫包衣尿素用量对旱地条件下胡麻的营养生长、干物质积累、经济性状和籽粒产量的影响, 综合评价了硫包衣尿素不同用量的增产效果及氮肥利用效率。结果表明: 硫包衣尿素能有效促进旱作区胡麻的营养器官生长, 有助于干物质累积, 显著提高了经济性状指标、籽粒产量及水肥利用效率, 在干旱年份增幅尤为明显。随着硫包衣尿素用量的增加, 胡麻植株的生长量、经济性状指标及籽粒产量也随之增加, 两年间各项指标变化趋势基本一致。在 187.5 kg/hm² 的施肥水平, 其两年的植株高度、地上部鲜重、地上部干重、籽粒产量平均值均达到最大, 分别达到 55.98 cm、8.72 g、2.57 g、1 648.64 kg/hm², 较对照增加 13.55%、137.09%、115.07%、32.16%。

关键词: 硫包衣尿素; 缓 / 控释肥; 旱作区; 胡麻 (油用亚麻); 产量性状

胡麻 (*Linum usitatissimum* L.), 为亚麻科 (Linaceae) 亚麻属 (*Linum*), 一年生草本植物, 属油用亚麻, 是我国北方地区重要的特色油料作物, 具有较强的耐旱、耐寒和耐瘠薄能力, 生育期短、适应性广^[1-2]。2015 年, 我国胡麻年种植面积 29.2 × 10⁴ hm², 总产量 40.0 × 10⁴ t, 是我国 5 大油料作物之一。胡麻主要分布在华北、西北等地的干旱地区, 河北、山西、内蒙古、宁夏、甘肃、新疆 6 省 (区) 的播种面积占全国总播种面积的 98.40%。宁夏胡麻年播种面积 4.29 × 10⁴ hm², 占全国总播种面积的 14.69%, 居第 4 位。近年来, 随着市场经济的带动, 我国胡麻种植面积不断扩大, 效益逐年提升^[3], 但产量较低, 其中施肥不合理是低产的重要原因之一, 目前我国胡麻施肥技术研究远远落后于其他主要农作物^[4]。

硫包衣尿素作为一种缓 / 控释肥料, 可以根据作物不同阶段生长发育对养分的需求, 而设计调

控养分释放速度和释放量, 使养分释放曲线与作物对养分的需求相吻合。缓 / 控释肥具有减少施肥量及施肥次数、节约化肥生产原料、提高肥料利用率、减少生态环境污染等优点, 对提高资源利用效率和实现农业可持续发展有着十分重要的意义^[5-10]。国内研究表明, 缓 / 控释肥在水稻^[11-12]、玉米^[13-14]、马铃薯^[15-17]、花生^[18]等作物及蔬菜^[19-20]中具有良好的增产效果, 但在旱作区胡麻中的应用研究尚无报道。

胡麻属于密植作物, 旱作区胡麻无灌溉条件, 生产中又无法进行追肥。播种时施用种肥无法满足胡麻全生育期的营养需求, 易造成后期脱肥, 种肥过量又会造成烧苗。由于旱地条件下的试验研究易受气候因素及栽培环境的影响。因此, 本研究通过 2015 ~ 2016 年连续两年的田间试验, 研究硫包衣尿素对旱地条件下胡麻的营养生长、干物质积累、经济性状和籽粒产量的影响, 综合评价了硫包衣尿素不同用量的增产效果及氮肥利用效率, 为缓 / 控释肥在旱作区胡麻生产中的应用和推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

田间试验于 2015 年 4 月 ~ 2016 年 8 月在宁夏固原市彭阳县古城镇挂马沟村进行, 海拔 1 860 m,

收稿日期: 2019-01-01; 录用日期: 2019-03-02

基金项目: 国家特色油料产业技术体系项目 (CARS-14-2-28); 宁夏回族自治区重点研发计划重大 (重点) 项目 (2018BBF02005)。

作者简介: 张炜 (1978-), 男, 宁夏固原人, 大学本科, 高级农艺师, 主要从事胡麻新品种选育及栽培技术研究。E-mail: nxgyszw@163.com。

通讯作者: 曹秀霞, E-mail: kyglk@126.com。

无霜期 148 ~ 152 d, 年平均气温 5.8 ~ 6.4 ℃, $\geq 10\text{℃}$ 积温 2 417 ~ 2 550℃, 年降水量 350 ~ 450 mm。土壤类型为新积土, 砂壤质, 试验区土壤质地疏松、肥力中等, 前茬作物为玉米。试验前取 0 ~ 20 cm 土壤进行养分化验, 其基础性状情况见表 1。

表 1 试验地基础养分情况

年份	pH 值	全盐 (g/kg)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/ kg)	有效磷 (mg/ kg)	速效钾 (mg/ kg)
2015	7.88	0.35	21.8	1.43	122.6	4.8	159
2016	7.84	0.22	19.4	1.33	122.6	3.6	182

胡麻生育期降水量见表 2。彭阳县胡麻生育期间 (4 ~ 8 月) 多年平均降水量为 293.9 mm, 从 4 月到 8 月份逐月递增。2015 年生育期降水量为 353.9 mm, 降水量主要分布在 4 月和 6 ~ 8 月, 总体属于丰水年份。2016 年生育期降水量为 224.5 mm, 4 ~ 5 月降水量较好, 但 6 ~ 8 月降水量锐减, 出现极端干旱天气, 总体上属于干旱年份。

表 2 生育期降水量 (mm)

年份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	生育期合计
2015	79.6	8.4	94.6	78.3	93.0	353.9
2016	62.2	61.4	29.5	21.3	50.1	224.5

1.2 试验材料

供试硫包衣尿素由黑龙江某公司生产, 共有两种, 分别是 SCU II 型 ($N \geq 37\%$, $S \geq 10\%$), 释放期在播种后 60 d; SCU III 型 ($N \geq 34\%$, $S \geq 15\%$), 释放期在播种后 90 d。供试胡麻品种为宁亚 17 号。

1.3 试验设计

试验共设 4 个处理, 即把 60、90 d 释放的硫包衣尿素按照 3 : 1 进行混配 (SCU, 前期研究结果所得最优比例), 施混配 SCU 75 kg/hm² (T1)、112.5 kg/hm² (T2)、150 kg/hm² (T3)、187.5 kg/hm² (T4), 以不施肥为对照 (CK) (表 3)。将上述各处理肥料作为种肥, 播种时与胡麻种子混匀一次施入土壤。种子田间播量按 750 万粒/hm² 有效粒数计算。试验采用随机区组排列, 重复 3 次, 小区面积 2.4 m × 6 m=14.4 m², 行距 0.15 m, 每小区种植 16 行, 小区间走道 30 cm, 重复间走道 50 cm, 四周设保护行。

表 3 试验处理施肥量 (kg/hm²)

处理	施肥量	纯氮用量	SCU II	SCU III
			($N \geq 37\%$, $S \geq 10\%$)	($N \geq 34\%$, $S \geq 15\%$)
T1	SCU75	27.19	20.81	6.38
T2	SCU112.5	40.78	31.22	9.56
T3	SCU150	54.38	41.63	12.75
T4	SCU187.5	67.97	52.03	15.94
CK	不施肥	—	—	—

1.4 测定项目与方法

在初花期 (胡麻营养生长与生殖生长的转折时期, 营养生长达到最大值), 每小区随机采样 20 株, 在实验室内测定胡麻株高、地上部鲜重, 并将植株地上部分于恒温箱中 105℃ 杀青 30 min, 而后在 70℃ 烘至恒重, 测定植株地上部分的干物质重量。

在成熟期, 每小区随机采样 30 株进行室内考种, 分别测定分茎数、主茎分枝、有效结果数、每果粒数、单株产量及千粒重等经济性状。

收获时, 各小区单收单打, 晒干后测得小区实际籽粒产量, 并计算单位面积实际籽粒产量。用于试验采样所造成的产量损失不计。

氮肥农学利用率 (kg/kg) = (施氮区产量 - 空白区产量) / 施氮量。

氮肥偏生产力 (kg/kg) = 施氮区产量 / 施氮量。

1.5 数据处理

采用 Excel 2007 软件对数据进行整理, 用 DPS 13.5 统计分析软件进行方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同施肥量对胡麻生长量的影响

2.1.1 对胡麻株高的影响

2015 年初花期各处理株高在 55.18 ~ 61.45 cm (表 4), 较 CK 提高 9.92% ~ 22.41%, 平均提高 17.36%, 各处理均显著高于 CK ($P < 0.05$)。2016 年初花期各处理株高在 50.00 ~ 52.85 cm, 较 CK 提高 3.33% ~ 9.22%, 平均提高 6.04%, 其中 T1、T2、T4 处理显著高于 CK。通过两年的株高数据的平均值可以看出, 各处理均能有效提高旱地胡麻的植株高度, 较 CK 分别提高 8.60%、13.01%、12.03%、13.55%。

表4 不同施肥量对胡麻初花期生长量的影响

年份	处理	株高 (cm)	地上部鲜重 (g)	地上部干重 (g)
2015	T1	55.18 ± 0.43 d	6.93 ± 0.62 c	2.08 ± 0.20 c
	T2	58.58 ± 0.52 c	9.53 ± 0.52 b	2.77 ± 0.23 b
	T3	60.45 ± 0.53 b	10.19 ± 0.47 b	3.05 ± 0.08 b
	T4	61.45 ± 0.65 a	13.39 ± 0.74 a	3.97 ± 0.29 a
	CK	50.20 ± 0.14 e	5.49 ± 0.56 d	1.80 ± 0.17 c
2016	T1	51.90 ± 1.29 ab	4.13 ± 0.21 a	1.21 ± 0.05 a
	T2	52.85 ± 0.93 a	3.64 ± 0.24 b	1.12 ± 0.03 b
	T3	50.00 ± 0.25 cd	4.15 ± 0.20 a	1.23 ± 0.03 a
	T4	50.50 ± 1.06 bc	4.05 ± 0.21 a	1.18 ± 0.05 ab
	CK	48.39 ± 0.96 d	1.86 ± 0.09 c	0.59 ± 0.05 c
两年 平均	T1	53.54	5.53	1.64
	T2	55.71	6.59	1.95
	T3	55.23	7.17	2.14
	T4	55.98	8.72	2.57
	CK	49.30	3.68	1.20

注：不同小写字母代表 $P < 0.05$ 差异显著，下同。

2.1.2 对胡麻地上部鲜重的影响

2015年初花期各处理地上部鲜重在 6.93 ~ 13.39 g，较 CK 提高 26.23% ~ 143.90%，平均提高 82.33%，各处理均显著高于 CK。2016年初花期各处理地上部鲜重在 3.64 ~ 4.15 g，较 CK 提高 95.70% ~ 123.12%，平均提高 114.65%，各处理均显著高于 CK。通过两年的地上部鲜重数据的平均值可以看出，各处理均能有效促进旱地胡麻的营养生长，较 CK 分别提高 50.33%、79.06%、94.81%、137.09%。

2.1.3 对胡麻地上部干重的影响

2015年初花期各处理地上部干重在 2.08 ~ 3.97 g，较 CK 提高 15.56% ~ 120.56%，平均提高 64.86%，其中 T2、T3、T4 处理显著高于 CK。2016年初花期各处理地上部干重在 1.12 ~ 1.23 g，较 CK 提高 89.83% ~ 108.47%，平均提高 100.85%，各处理均显著高于 CK。通过两年的地上部干重数据的平均值可以看出，各处理均能有效促进旱地胡麻的

干物质积累，较 CK 分别提高 37.45%、62.91%、78.59%、115.07%。

2.2 不同施肥量对胡麻经济性状的影响

不同施肥量对胡麻经济性状的影响见表 5。2015 年各处理有效分茎数、主茎分枝数、单株结果数、每果粒数、千粒重和单株产量均较 CK 有不同程度提高，且随着硫包衣尿素用量的增加而增加，但处理间差异未达到显著水平。2016 年各处理经济性状较 CK 有不同程度提高，分茎数、单株结果数及单株产量间差异达到显著水平。

通过两年的经济性状数据的平均值可以看出，不同施肥量均能有效提高旱作区胡麻经济性状指标，总体表现出随着硫包衣尿素施肥量的增加而增加的趋势，较 CK 均有不同程度的增加。其中，各处理分茎数、主茎分枝数、单株结果数、每果粒数、单株产量较 CK 分别增加 20.83% ~ 125.00%、12.95% ~ 26.69%、28.46% ~ 56.91%、1.41% ~ 7.46%、20.25% ~ 36.71%。T3 处理的分茎数、主茎分枝数、单株结果数、单株产量及千粒重均居各处理第 1；T4 处理的每果粒数居第 1，分茎数、主茎分枝数、单株结果数、单株产量居第 2。

2.3 不同施肥量对胡麻籽粒产量和氮肥利用率的影响

不同施肥量对胡麻籽粒产量的影响见表 6。2015 年各处理较 CK 增产 15.13% ~ 20.68%，平均增产 17.75%，各处理较 CK 增产均达到显著水平。2016 年各处理较 CK 增产 33.57% ~ 47.79%，平均增产 40.59%，各处理较 CK 增产均达到显著水平。

通过两年籽粒产量数据的平均值可以看出，各处理能显著促进胡麻籽粒产量形成。各处理较 CK 增产 24.20% ~ 32.16%。不同处理间的籽粒产量顺序为 T4>T3>T2>T1>CK。T4 处理两年平均折合产量为 1 648.64 kg/hm²，较 CK 增产 32.16%，居第 1 位；T3 处理两年平均折合产量为 1 635.73 kg/hm²，较 CK 增产 31.13%，居第 2 位。

由表 6 可知，2015、2016 年各处理的氮肥农学利用率、氮肥偏生产力基本上均随施氮量的增加而降低。

表 5 不同施肥量对胡麻经济性状的影响

年份	处理	有效分茎数 (个)	主茎分枝数 (个)	单株结果数 (果)	每果粒数 (粒)	单株产量 (g)	千粒重 (g)
2015	T1	0.40 ± 0.19 a	7.14 ± 0.46 a	23.87 ± 3.40 a	7.27 ± 0.64 a	1.39 ± 0.19 a	8.93 ± 0.22 a
	T2	0.41 ± 0.23 a	6.87 ± 0.29 a	22.18 ± 3.38 a	7.87 ± 0.57 a	1.28 ± 0.19 a	8.93 ± 0.29 a
	T3	0.47 ± 0.18 a	6.81 ± 0.92 a	24.41 ± 4.48 a	7.33 ± 0.32 a	1.36 ± 0.30 a	8.97 ± 0.15 a
	T4	0.59 ± 0.11 a	6.82 ± 0.98 a	24.37 ± 4.85 a	7.43 ± 0.38 a	1.40 ± 0.33 a	9.04 ± 0.13 a
	CK	0.41 ± 0.13 a	6.40 ± 0.83 a	19.03 ± 4.30 a	7.07 ± 0.12 a	1.11 ± 0.35 a	8.77 ± 0.06 a
2016	T1	0.19 ± 0.18 ab	4.19 ± 0.85 a	8.50 ± 4.06 ab	7.40 ± 0.17 a	0.65 ± 0.08 b	8.20 ± 0.19 a
	T2	0.18 ± 0.16 ab	4.63 ± 0.72 a	9.78 ± 5.08 ab	7.20 ± 1.11 a	0.61 ± 0.06 bc	8.28 ± 0.20 a
	T3	0.61 ± 0.34 a	5.90 ± 0.38 a	14.63 ± 2.03 a	7.07 ± 0.57 a	0.80 ± 0.10 a	8.25 ± 0.20 a
	T4	0.42 ± 0.15 ab	5.64 ± 0.51 a	14.26 ± 1.18 a	7.83 ± 0.21 a	0.72 ± 0.06 ab	8.00 ± 0.31 a
	CK	0.07 ± 0.12 b	3.64 ± 0.56 a	5.84 ± 3.19 b	7.13 ± 1.00 a	0.48 ± 0.10 c	8.33 ± 0.36 a
两年 平均	T1	0.29	5.67	16.18	7.33	1.02	8.56
	T2	0.29	5.75	15.98	7.53	0.95	8.61
	T3	0.54	6.36	19.52	7.20	1.08	8.61
	T4	0.51	6.23	19.31	7.63	1.06	8.52
	CK	0.24	5.02	12.44	7.10	0.79	8.55

表 6 不同施肥量对胡麻籽粒产量和氮肥利用率的影响

年份	处理	籽粒产量 (kg/hm ²)	较 CK 增产 (%)	氮肥农学利用率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)
2015	T1	1 565.74 ± 52.38 a	15.13	7.57 ± 0.83 a	57.59 ± 0.93 a
	T2	1 604.17 ± 59.62 a	17.96	5.99 ± 0.29 a	39.34 ± 0.46 b
	T3	1 594.21 ± 92.24 a	17.23	4.31 ± 0.71 b	29.32 ± 0.70 c
	T4	1 641.20 ± 59.03 a	20.68	4.14 ± 0.78 b	24.15 ± 0.87 d
	CK	1 359.95 ± 8.34 b	—	—	—
2016	T1	1 532.84 ± 71.07 a	35.06	14.64 ± 1.21 a	56.38 ± 1.31 a
	T2	1 515.87 ± 88.38 a	33.57	9.97 ± 0.70 b	37.17 ± 0.67 b
	T3	1 677.25 ± 84.86 b	47.79	9.34 ± 0.66 b	30.85 ± 0.56 c
	T4	1 656.08 ± 71.02 b	45.92	8.37 ± 0.45 b	25.06 ± 0.41 d
	CK	1 134.92 ± 58.22 c	—	—	—
两年平均	T1	1 549.29	24.20	11.10	56.99
	T2	1 560.02	25.06	7.66	38.25
	T3	1 635.73	31.13	7.14	30.08
	T4	1 648.64	32.16	6.25	24.60
	CK	1 247.44	—	—	—

3 讨论与结论

氮是植物生长发育中最重要的营养元素之一^[21],影响着作物籽粒产量和产量构成因子,合理施用氮肥是实现作物高产的重要途径之一^[22-23]。胡麻是西北和华北地区重要的油料作物,主要种植在旱作区。旱地胡麻无灌溉条件,生产中无法根据作物生长阶段及时进行追肥。本研究通过施用硫包衣尿素,一次施肥满足胡麻全生育期的氮素需求,从而解决旱地胡麻追肥困难的问题。研究结果表明,氮肥可显著增加胡麻的籽粒产量,随着施氮量的增加,胡麻籽粒产量增加,两年间产量变化趋势一致。在施用硫包衣尿素 75 kg/hm² (T1)、112.5 kg/hm² (T2)、150 kg/hm² (T3)、187.5 kg/hm² (T4) 时,两年平均产量分别达到 1 549.29、1 560.02、1 635.73、1 648.64 kg/hm²; 较对照增产 24.20%、25.06%、31.13%、32.16%。可见,适宜的氮肥施用量可以提高胡麻产量,与 Pageau 等^[24]、曹秀霞^[25] 在胡麻上的研究相一致。随施氮量增加,氮肥农学利用率、氮肥偏生产力持续下降,原因是施用氮肥量的增长率大于籽粒产量的增长率,这与谢亚萍等^[26] 的研究结果相一致。

肥和水是旱地农业生产的两大限制因子。根据土壤水分合理施肥,以肥调水,以水促肥,促进作物生长发育和提高作物产量成为农业综合发展的关键技术。合理施肥可以影响作物蒸腾,改善作物产量构成因子,从而影响作物产量和水分利用效率^[27]。在本研究中,2015 年降水量较多,各处理对株高、地上部干重、地上部鲜重等营养生长指标促进作用明显;对主要经济性状指标虽然有一定程度提高,但未达到显著水平;各处理较 CK 增产 15.13% ~ 20.68%,平均增产 17.75%。2016 年降水偏少,后期出现极端干旱天气,各处理对株高增加幅度低于 2015 年,但对地上部鲜重及干重增加幅度则高于 2015 年;对主要经济性状指标也有大幅提高,其中分茎数、每株结果数及单株产量达到显著水平;各处理较 CK 增产 33.57% ~ 47.79%,平均增产达到 40.59%。在 2016 年生育期降水量较 2015 年减少 36.56% 情况下,不施肥对照较 2015 年籽粒产量减产 16.55%,但各硫包衣尿素处理的籽粒产量与 2015 年基本持平,各处理氮肥农学利用率较 2015 年提高

66.44% ~ 116.71%,平均提高 92.36%。说明硫包衣尿素能够在干旱年份保证作物稳产,不因降水量减少而造成减产,显著增加作物营养生长阶段干物质积累及改善生殖生长阶段的经济性状指标,有效提高了旱作区作物水分及氮肥利用效率。任书杰等^[28] 和刘晓宏等^[29] 在小麦上的研究指出,春小麦施氮后,水分利用效率明显提高。梁锦秀等^[30] 在马铃薯上的研究指出,增施氮肥可显著提高旱地马铃薯水分利用效率,马铃薯水分利用效率也是指导施肥的依据。这一点,与本研究结果一致。

氮肥施用不当,养分供应不同步是作物氮素利用率低的主要原因。过高施用氮肥会增加生产成本,不仅浪费资源,氮素的流失还会造成环境污染^[31]。本研究通过前期试验结果所得最优比例,将释放期在播种后 60 与 90 d 的硫包衣尿素按照 3:1 的比例进行混配,播种时与胡麻种子混匀一次施入土壤。在胡麻的需肥关键时期能稳定释放和供应足够数量的氮素养分,一次施肥就可以满足胡麻整个生育期对氮素营养的需要。谢亚萍等^[26]、刘晔等^[32]、郭小明等^[33] 研究表明,胡麻植株氮素吸收强度最大的生长阶段是纵行期至现蕾期,胡麻植株营养生长与生殖生长并进的时期是氮素营养吸收强度最大的时期。本研究所采用的 60 d 释放的硫包衣尿素,释放时期正处于胡麻纵行期至现蕾期,也是胡麻的氮素需肥临界期,此时缺乏氮素将影响着胡麻植株营养生长及生殖生长。90 d 释放的硫包衣尿素,释放时期处于胡麻青果期,是胡麻的籽粒灌浆期,此时缺乏氮素将造成后期脱肥,影响作物经济性状和籽粒产量。

作物由于在其生育期缺乏足够养分或在后期出现脱肥现象而导致的减产问题较为普遍,尤其在干旱或半干旱地区,缺乏有效灌溉条件的旱作种植区更为严重。笔者在前期研究中发现,普通尿素在作为胡麻种肥施用时会造成严重烧苗现象,而硫包衣尿素在作为种肥施用时不会对出苗产生明显不利影响。因此,本文通过连续两年的田间试验,比较了硫包衣尿素不同用量在不同降水量年份对旱地条件下胡麻植株生长及产量性状的影响,综合评价了硫包衣尿素不同用量的增产效果及氮肥利用效率。研究结果表明:硫包衣尿素能有效促进旱作区胡麻的营养器官生长,有助于干物质累积,改善产量构成因子,显著提高籽粒产量及水肥利用效率,在干

旱年份增幅尤为明显。随着硫包衣尿素用量的增加,氮素释放量增加,胡麻植株的生长量、经济性状指标及籽粒产量也随之增加。在 187.5 kg/hm² 的施肥水平,其两年的株高、地上部鲜重、地上部干重、籽粒产量平均值均达到最大,分别为 55.98 cm、8.72 g、2.57 g、1 648.64 kg/hm²,较 CK 增加 13.55%、137.09%、115.07%、32.16%。

参考文献:

- [1] 陈军,罗影,王立光,等.不同种植模式土壤水浸提液对胡麻的化感效应[J].中国土壤与肥料,2017,(3): 125-130.
- [2] 崔红艳,胡发龙,许维诚,等.施用有机肥对土壤水分、胡麻干物质生产和产量影响的研究[J].中国土壤与肥料,2014,(4): 59-64.
- [3] 高玉红,吴兵,牛俊义.水肥耦合对间作胡麻氮素养分及其产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(2): 69-75.
- [4] 杨天庆,高玉红,牛俊义.肉蛋白生物有机肥对胡麻干物质积累、产量及品质的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(1): 69-75.
- [5] 张德奇,季书勤.缓-控释肥料的研究应用现状与展望[J].耕作与栽培,2010,22(6): 46-48.
- [6] 刘兵.缓-控释肥料的研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(8): 2341-2342.
- [7] 张夫道,王玉军.我国缓/控释肥料的现状和发展方向[J].中国土壤与肥料,2008,(4): 1-4.
- [8] 王恩飞,崔智多,何璐,等.我国缓控肥研究现状和发展趋势[J].安徽农业科学,2011,39(21): 12762-12764.
- [9] 刘宁,孙振涛,韩晓日,等.缓/控释肥料的研究进展及存在问题[J].土壤通报,2010,41(4): 1005-1009.
- [10] 樊小林,刘芳,廖照源,等.我国控释肥料研究的现状和展望[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2): 463-473.
- [11] 彭玉,孙永健,蒋明金,等.不同水分条件下缓/控释氮肥对水稻干物质和氮素吸收、运转及分配的影响[J].作物学报,2015,40(5): 859-870.
- [12] 彭玉,马钧,蒋明金,等.缓/控释肥对杂交水稻根系形态、生理特性和产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5): 1048-1057.
- [13] 杨天海,侯再芬,谢小燕,等.不同缓控释肥用量对黑膜覆盖玉米产量的影响[J].耕作与栽培,2016,(3): 43-44.
- [14] 李宗新,王庆成,齐世军,等.控释肥对玉米高产的应用效应研究进展[J].华北农学报,2007,22(增刊): 127-130.
- [15] 周瑞荣,孙锐峰,肖厚军,等.缓释肥料在马铃薯上的应用效果[J].西南农业学报,2010,23(5): 1763-1765.
- [16] 席旭东,李效文,姬丽君.缓控释肥不同施用量和施用方式对旱作区全膜马铃薯生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(5): 193-197.
- [17] 郭恒,陈占全,张亚丽,等.全膜覆盖条件下缓释氮肥对马铃薯干物质及产量的影响[J].河南农业科学,2013,42(6): 37-41.
- [18] 郑亚萍,孙秀山,成强,等.缓释肥对旱地花生生长发育及产量的影响[J].山东农业科学,2011,(8): 68-70.
- [19] 许仙菊,高豫汝,张永春,等.硫包衣尿素对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响研究[J].土壤,2010,42(4): 574-578.
- [20] 罗振明,栾波波,刘兆伦,等.硫包衣肥料在生姜生产上的应用研究[J].中国农学通报,2016,32(19): 35-38.
- [21] Zentner R P, Campbell C A, Selles F, et al. Cropping frequency, wheat classes and flexible rotations: effects on production, nitrogen economy, and water use in a Brown Chernozem [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2003, 83(4): 667-680.
- [22] Dordas C A. Variation of physiological determinants of yield in linseed in response to nitrogen fertilization [J]. Industrial Crops and Products, 2010, 31(3): 455-465.
- [23] Fageria N K, Baligar V C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants [J]. Advances in Agronomy, 2005, 88: 97-185.
- [24] Pageau D, Lajeunesse J, Lafond J. Effect of seeding rate and nitrogen fertilization on oilseed flax production [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2006, 86(2): 363-370.
- [25] 曹秀霞.旱地胡麻密肥高产栽培技术模型[J].陕西农业科学,2009,(6): 51-53.
- [26] 谢亚萍,吴兵,牛俊义,等.施氮量对旱地胡麻养分积累、转运及氮素利用率的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(3): 357-362.
- [27] 杨文,周涛.氮磷配施对旱地春小麦水分利用效率及水肥交互作用的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5): 10-15.
- [28] 任书杰,李世清,王俊,等.半干旱农田生态系统覆膜进程和施肥对春小麦耗水量及水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(4): 1-5.
- [29] 刘晓宏,肖洪浪,赵良菊.不同水肥条件下春小麦耗水量和水分利用率[J].干旱地区农业研究,2006,24(1): 56-59.
- [30] 梁锦秀,郭鑫年,张国辉,等.氮磷钾用量对宁南旱地马铃薯产量及水肥利用效率的影响[J].中国土壤与肥料,2015,(6): 76-81.
- [31] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands [J]. Science, 2010, 327(5968): 1008-1010.
- [32] 刘晔,于先宝.亚麻对氮磷钾营养元素吸收规律的研究[J].中国麻作,1979,(3): 33-35.
- [33] 郭小明,李淑华,张秀英,等.亚麻营养特点及需肥规律的研究[J].黑龙江农业科学,1991,(6): 16-20.

[下转第 154 页]