

葛永申,张丽佳,杨 军,等. 施氮量对油菜镇油 8 号干物质积累分配及生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):90-94.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.016

施氮量对油菜镇油 8 号干物质积累分配及生长发育的影响

葛永申¹, 张丽佳², 杨 军¹, 岳绪国¹

(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏句容 212400; 2. 江苏省句容市农业农村局,江苏句容 212400)

摘要:为了解不同施氮水平下双低油菜新品种镇油 8 号干物质积累分配及生长发育情况,于 2018—2019 年在江苏省句容市设置 150 kg/hm² (N150)、225 kg/hm² (N225)、300 kg/hm² (N300)、375 kg/hm² (N375)、450 kg/hm² (N450) 5 个施氮处理。结果表明,合理施氮能促进镇油 8 号的生长发育,高于 375 kg/hm² 施氮量不利于终花期后单株干物质积累,造成投入氮素的浪费。花后各器官干物质积累分配在同时期下与施氮量变化密切相关,高氮投入水平下茎秆和角果壳干物质分配率的提高是制约籽粒产量进一步提高的重要因素。花后干物质对籽粒转移量是影响籽粒产量形成的主要因素,对籽粒贡献率高达 50% 以上。施氮 300~375 kg/hm² 有利于镇油 8 号主要产量构成因子的形成和发育,可最大程度地运转花后干物质,促进油菜籽粒产量的形成,从而获得较高的收获指数及产量。

关键词:油菜;施氮量;干物质;生长发育

中图分类号:S634.306 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)22-0090-05

油菜是需氮量很高的作物,油菜生长发育及产量品质均与施氮量密切相关^[1-3]。合理充足的施氮量可有效提高植株氮的积累量,增加植株干物质积累量和籽粒产量^[4],但过量施氮会抑制作物生长发育并对生态环境产生威胁^[5-6]。干物质积累总量和花后干物质向籽粒的转运量是油菜产量形成的物质基础,而施氮量高低是干物质积累转运的重要影响因素^[7-10]。油菜前期氮素供应不足,会导致花前干物质积累量过低,影响后期角果形成;氮素供应过剩,会导致植株营养生长过旺,影响花后干物质向籽粒的转运,降低氮肥利用率,造成产量损失^[11-12]。

江苏省一直是我国重要的冬油菜主产区,近年来随着劳动力及农资成本的大幅攀升,油菜生产效益逐年走低,油菜种植面积大幅缩水。油菜生产中的肥料投入占农资成本一半以上,施肥措施到位与否直接影响油菜籽产量和收入。然而,由于农民在种植过程中缺乏对油菜新品种特性的了解,不合理施肥现象依然普遍。因此,明确油菜新品种产量形成和干物质积累分配规律,降低生产成本,充分发挥生物学潜力对油菜增产增效是十分有必要的。

镇油 8 号是目前正在江苏地区推广种植的油菜新品种,2018 年通过国家非主要农作物登记,具有机械化适应性强、综合抗病性好、优质双低等优点。本试验以镇油 8 号为材料,研究不同施氮量对单株干物质积累量、花后各器官干物质积累分配、花前花后干物质对籽粒贡献及产量构成因子的影响,进一步探讨双低优质油菜新品种不同施氮水平下的干物质积累分配和产量变化规律,为氮高效油菜新品种选育及双低优质油菜高产栽培提供科学依据。

收稿日期:2020-03-02

基金项目:江苏省重点研发计划专项资金(编号:BE2016410);镇江市农业科学院青年基金(编号:QNJJ2018004)。

作者简介:葛永申(1991—),男,江苏宝应人,硕士,研究实习员,主要从事油菜遗传育种与高产栽培技术研究。E-mail:1157985072@qq.com。

通信作者:岳绪国,副研究员,主要从事油菜遗传育种与栽培推广研究。E-mail:13815163085@163.com。

粮食与饲料工业,2019(2):33-36。

[10]周 晓. 二倍体马铃薯高世代无性系农艺性状和品质性状的分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012。

[11]孙慧生. 马铃薯育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2003。

[12]潘 峰. 马铃薯种质资源品质性状及利用价值的评价[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019。

[13]孙鑫森. 马铃薯油炸和淀粉品质的分离及亲本配合力评价[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2010。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验材料为镇油 8 号,由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所选育提供。本试验于 2018—2019 年在江苏省句容市镇江农业科学院科技创新中心(31°58' N, 119°17' E)进行,前茬为空闲田,土壤质地为板浆白土, pH 值为 7.1, 有机质含量为 17.8 g/kg、全氮含量为 1.1 g/kg、碱解氮含量为 84.6 mg/kg、速效磷含量为 35.7 mg/kg、速效钾含量为 71.4 mg/kg。

1.2 试验设计

施氮量设 5 个处理,分别为 150、225、300、375、450 kg/hm² (以 N150、N225、N300、N375、N450 表示),所用肥料品种为尿素(N 含量为 46%)。氮肥运筹为基肥:苗肥:薹肥=5:3:2,分 3 次人工撒施。每小区面积为 13.32 m² (宽为 3.33 m、长为 4.00 m),每个施氮处理 3 次重复,随机区组排列,共 15 个小区。整地后将过磷酸钙(折合 P₂O₅ 72 kg/hm²)、氯化钾(折合 K₂O 72 kg/hm²)、硼砂(7.5 kg/hm²)在移栽前作基肥一次性施入。

采用育苗移栽方式,行距为 40 cm,密度为 11.25 万株/hm²,2018 年 9 月 20 日育苗,10 月 28 日移栽,翌年 5 月 24 日统一收获测产。油菜生育期内田间管理按当地常规方法进行。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 相关指标测定 干物质质量测定:于苗期(2018-12-13)、薹期(2019-03-04)、初花期(2019-03-18)、终花期(2019-04-18)、成熟期(2019-05-10)分别采集样品,各小区取有代表性的连续 5 株植株,去除地下部根系,将地上部不同器官分别在 105℃ 下杀青 30 min 后于 80℃ 下烘干至恒质量,冷却后取出,迅速测定各器官干物质质量。

农艺性状于成熟期每小区随机选取非边行 5 株植株,按照油菜考种标准进行考种。测定指标包括株高、一次分枝数、二次分枝数、有效角果数、每角粒数、千粒质量、单株粒质量等,以小区实收计产。

1.3.2 相关指标计算 花后各器官干物质分配率、花前干物质转移量、转移效率、对籽粒贡献率和花后干物质转移量、对籽粒贡献率根据以下公式计算^[10,13]:

干物质分配率 = 植株器官干物质质量/植株干物质总质量 × 100%;

花前干物质转移量(g) = 开花期营养器官干物质质量 - 成熟期营养器官干物质质量;

花前干物质转移效率 = 花前干物质转移量/开花期营养器官干物质质量 × 100%;

花前干物质对籽粒的贡献率 = 花前干物质转移量/成熟期籽粒干物质质量 × 100%;

花后干物质转移量(g) = 成熟期籽粒干物质质量 - 花前干物质转移量;

花后干物质对籽粒的贡献率 = 花后干物质转移量/成熟期籽粒干物质质量 × 100%;

收获指数指成熟期油菜单株籽粒产量与植株地上干物质累积总量之比。计算公式如下:收获指数 = 单株籽粒产量/植株地上干物质总积累量。

1.4 数据统计

采用 Excel 2013 和 SPSS 22.0 软件进行相关试验数据录入处理与统计分析。

2 结果与分析

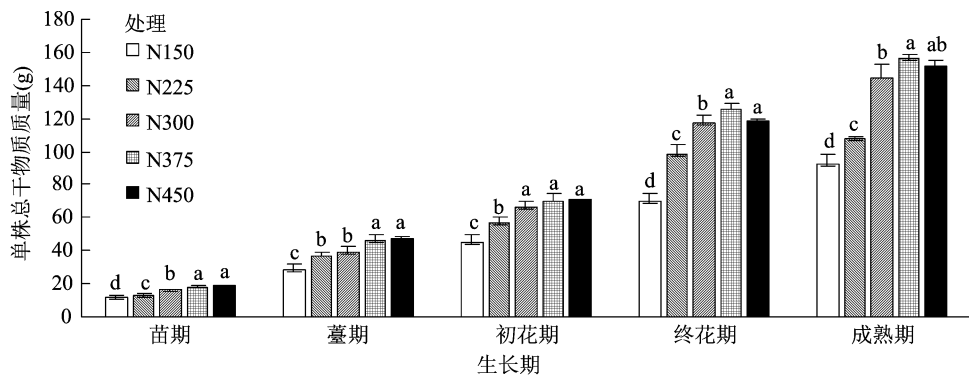
2.1 施氮量对镇油 8 号单株干物质积累的影响

由图 1 可知,施氮能促进镇油 8 号的生长发育,各施氮处理单株总干物质质量随生育进程不断增加,至成熟期达最大值,说明施氮量不能改变油菜单株干物质不断积累的总体态势。

苗期至初花期,施氮量的增加能不断提高各时期单株总干物质质量;低于等于 300 kg/hm² 施氮水平时,单株总干物质质量随施氮量提高增加显著;高于 300 kg/hm² 施氮水平时,增加不显著。终花期至成熟期,各时期单株总干物质质量随施氮量提高呈先升后降趋势,施氮水平为 375 kg/hm² 处理下最高;低于 375 kg/hm² 施氮水平时,单株总干物质质量随施氮量提高增加显著;375 kg/hm² 与 450 kg/hm² 施氮水平间差异不显著。结果表明,高于 375 kg/hm² 施氮量虽对镇油 8 号苗期、薹期以及初花期植株的生长发育有一定的促进作用,却不能进一步促进终花期和成熟期植株的生长发育,造成投入氮素的浪费。

2.2 施氮量对镇油 8 号花后各器官干物质积累分配的影响

由表 1 可知,各施氮处理下,镇油 8 号叶干物质积累量及分配率整体随生育进程不断下降,茎秆干物质积累量及分配率先升后降,角果干物质积累量和分配率不断上升,说明施氮量不能改变油菜花前营养器官积累的养分在花后逐渐向生殖器官转运



柱上不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著
图1 施氮量对镇油 8 号不同生长时期干物质质量的影响

表 1 不同施氮水平下镇油 8 号花后各器官干物质积累分配差异

处理	初花期			终花期			成熟期			
	叶(g)	茎秆(g)	角果(g)	叶(g)	茎秆(g)	角果(g)	茎秆(g)	籽粒(g)	角果壳(g)	角果(g)
N150	21.56c (48.07%)	21.93c (48.88%)	1.37b (3.05%)	5.67c (8.08%)	36.88c (52.59%)	27.57c (39.32%)	38.66d (41.69%)	25.27b (27.25%)	28.81b (31.07%)	54.08c (58.31%)
N225	28.55b (50.54%)	26.35b (46.65%)	1.59b (2.81%)	9.01b (9.15%)	49.59b (50.35%)	39.89b (40.50%)	44.41c (41.11%)	29.05b (26.90%)	34.56b (31.99%)	63.61b (58.89%)
N300	35.29a (52.93%)	29.36ab (44.03%)	2.03a (3.05%)	12.92a (11.05%)	60.69a (51.93%)	43.25b (37.01%)	57.42b (39.58%)	43.62a (30.07%)	44.02a (30.34%)	87.64a (60.42%)
N375	36.97a (52.57%)	31.15a (44.29%)	2.21a (3.14%)	13.88a (11.01%)	63.98a (50.74%)	48.22a (38.25%)	61.18a (39.23%)	45.44a (29.14%)	49.33a (31.63%)	94.77a (60.77%)
N450	37.59a (53.31%)	30.63a (43.44%)	2.29a (3.25%)	13.31a (11.29%)	60.95a (51.71%)	43.62b (37.00%)	59.66ab (39.51%)	43.52a (28.82%)	47.84a (31.68%)	91.36a (60.49%)

注:括号内数值为花后各器官干物质分配率;同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下表同。

的总体态势。

初花期,叶和角果(花)干物质积累量及分配率随施氮量增加总体呈增加趋势;高于 300 kg/hm² 施氮水平时,干物质积累量增加不显著。茎秆干物质积累量随施氮水平增加先增后降,施氮水平为 375 kg/hm² 处理下干物质积累量最大;分配率总体呈下降趋势。说明初花期茎秆在高氮投入水平下对氮素吸收利用能力不如叶和角果。

终花期,地上部各器官干物质积累量随施氮量增加呈先增后降趋势,与终花期单株总干物质质量变化趋势一致;施氮水平为 375 kg/hm² 处理下达到峰值,叶、茎秆和角果干物质积累量分别为 13.88、63.98、48.22 g,比低氮水平(N150 和 N225)处理增加显著。终花期叶干物质分配率随施氮量的增加总体呈增加趋势,但相比初花期各施氮水平下叶干物质分配率下降明显;茎秆干物质分配率随施氮量的增加总体呈先降后升的趋势,与初花期相比有所提高;角果干物质分配率随施氮量增加呈先增后降

的趋势,与初花期相比提高明显。说明花前期叶积累的干物质主要促进了终花期角果的生长发育。

成熟期地上部器官主要是茎秆和角果,角果由籽粒和角果壳组成,各器官干物质积累量随施氮量的增加先增加后缓慢下降,与成熟期单株总干物质质量变化趋势一致。茎秆、籽粒和角果壳在 N150 处理下干物质积累量最低,N375 处理下最高;高氮水平(N375 和 N450 处理)较低氮水平(N150 和 N225 处理)增加明显。茎秆干物质分配率随施氮量的增加先降后升,与角果干物质分配率相反;高于 300 kg/hm² 施氮水平时,角果壳干物质分配率随施氮量的增加不断提高,籽粒干物质分配率却不断下降。说明高氮投入水平下茎秆和角果壳干物质分配率的提高是制约籽粒产量进一步提高的重要影响因素。

2.3 施氮量对镇油 8 号收获指数及花前花后干物质贡献的影响

收获指数反映了作物群体光合同化物转化为经济产品的能力,是作物源库关系的重要指标^[14]。

由表 2 可知,镇油 8 号在各施氮水平下收获指数为 0.27 ~0.30,各处理间差异不显著;随着施氮量的增加呈先升后降趋势,N300 处理下最大,说明更多的氮肥投入不能显著提高收获指数。

花前干物质主要指营养器官(叶和茎秆)干物质,其中花前干物质转移量随施氮量呈提高总体呈先升后降趋势;花前干物质转移效率及对籽粒贡献率与转移量变化趋势一致,其中 N225 处理时值最大,说明施氮 225 kg/hm² 左右时可以最大程度地运转花前干物质,促进油菜籽粒产量的形成。

花后干物质包括营养器官和生殖器官,其中花

后干物质转移量随着施氮水平的增高总体呈波动变化趋势,高氮水平(N375 和 N450 处理)较低氮水平(N150 和 N225 处理)增加显著;花后干物质对籽粒贡献率与转移量变化趋势一致,均在 N375 处理时值最大。花后干物质转移量及对籽粒贡献率在各施氮处理下明显高于花前干物质转移量及对籽粒贡献率,其中花后干物质对籽粒贡献率达 50% 以上。结果表明,最终籽粒产量的形成主要受花后干物质对籽粒转移量的影响,施氮 375 kg/hm² 左右时可以最大程度地运转花后干物质,促进油菜籽粒产量的形成。

表 2 不同施氮水平下镇油 8 号收获指数及花前、花后干物质贡献

处理	收获指数	花前干物质			花后干物质	
		转移量(g)	转移效率(%)	对籽粒贡献率(%)	转移量(g)	对籽粒贡献率(%)
N150	0.27a	4.83a	10.68a	18.45a	20.44b	81.55a
N225	0.27a	10.50a	18.72a	36.27a	18.55b	63.73a
N300	0.30a	7.23a	11.04a	16.60a	36.40a	83.40a
N375	0.29a	6.94a	10.00a	15.38a	38.50a	84.62a
N450	0.29a	8.55a	12.53a	19.64a	34.97a	80.36a

2.4 施氮量对镇油 8 号成熟期主要农艺性状及产量的影响

由表 3 可知,镇油 8 号株高随施氮量的增加呈波动上升趋势;一次分枝数、二次分枝数、有效角果数、每角粒数、千粒质量、单株粒质量及产量随施氮量的增加呈先升后降变化趋势。在 N300 处理时,株高、二次分枝数、有效角果数达最大值,各处理差

异不显著;N375 处理时,一次分枝数、千粒质量、单株粒质量及产量达最大值;高氮水平(N375 和 N450 处理)下千粒质量、单株粒质量及产量较低氮水平(N150 和 N225 处理)增加显著。有效角果数、每角粒数和千粒质量是构成油菜产量的主要因子,施氮 300 ~375 kg/hm² 有利于镇油 8 号主要产量构成因子的形成和发育,获得较高产量水平。

表 3 施氮量对镇油 8 号成熟期主要农艺性状及产量的影响

处理	株高 (cm)	一次分枝数 (个)	二次分枝数 (个)	有效角果数 (个)	每角粒数 (粒)	千粒质量 (g)	单株粒质量 (g)	产量 (kg/hm ²)
N150	172.00a	6.56a	1.78a	410.33a	21.81a	4.12c	25.27b	2 385c
N225	186.00a	7.00a	2.33a	454.00a	22.37a	4.19bc	29.05b	2 817b
N300	193.33a	7.33a	4.78a	478.89a	22.04a	4.34ab	43.62a	3 186ab
N375	187.00a	8.22a	4.22a	473.22a	21.70a	4.43a	45.44 a	3 420a
N450	189.67a	8.11a	2.78a	455.33a	20.93a	4.35a	43.52a	3 384a

3 结论与讨论

油菜生长发育中干物质的积累转运是氮素营养积累和转运变化的直观表现,是油菜产量形成的重要物质基础,其主要与品种^[15-16]、种植密度^[17-18]及施氮量^[19]相关。在各施氮水平下,优质双低油菜新品种镇油 8 号单株总干物质质量随生育进程不断增加,成熟期达最大值,与前人研究结果^[7,20]一

致,但也有研究结果表明,油菜干物质积累总量在成熟期略有下降^[15,21],可能与试验品种特性相关。施氮量高于 375 kg/hm² 时,镇油 8 号单株总干物质质量在终花期和成熟期呈下降趋势,高施氮量投入不能有效提高干物质积累总量,与李志玉等研究结果^[22]一致。

油菜开花是营养生长向生殖生长的转变过程,花后各器官中干物质积累及分配率也随之发生显

著变化^[23-24]。在各施氮处理下,镇油 8 号花后叶干物质积累量及分配率随生育进程不断下降,角果干物质积累量及分配率不断增加,茎秆干物质积累量及分配率先升后降,与汤亮等的研究结果^[25]一致。就花后各器官干物质积累量及分配率与施氮量响应而言,本研究中镇油 8 号初花期茎秆在高氮投入水平下对氮素吸收利用能力不如叶和角果,花前期叶积累的干物质主要促进终花期角果的生长发育。此外,在氮高效育种过程中,可通过降低成熟期茎秆及角果壳干物质分配率来提高高氮水平下的籽粒干物质积累。

油菜花前、花后干物质贡献量均会影响籽粒产量的形成,其中以花后干物质贡献量的影响较大^[10],本研究结果与之一致。本研究中花后干物质对籽粒贡献率达 50% 以上,远高于花前干物质对籽粒贡献率。已有研究表明,叶片所积累的干物质首先传到茎秆,再由茎秆传送到角果,而角果皮光合产物是后期油菜干物质积累的主要来源^[26]。因此,花前干物质部分传送到角果中,是造成花前干物质对籽粒贡献率低于花后干物质的原因。

施氮可增加植株干物质累积,有利于增加分枝数和总角果数从而提高籽粒产量^[4]。与本研究施氮处理结果相同。不同施氮水平下,镇油 8 号主要产量构成因子及产量水平随施氮量的增加呈先升后降趋势,与前人研究结果^[7,22]一致。本研究结果表明,在试验区同等土壤肥力条件下,镇油 8 号移栽措施下适宜氮肥管理为施氮量 300 ~ 375 kg/hm²,在避免氮素营养流失的同时,还能有利产量因子形成,获得较高的收获指数及产量水平,提高油菜种植效益。

参考文献:

- [1] 邹小云,陈伦林,李书宇,等. 氮、磷、钾、硼肥施用对甘蓝型杂交油菜产量及经济效益的影响[J]. 中国农业科学,2011,44(5): 917-924.
- [2] 高建芹,浦惠明,龙卫华,等. 甘蓝型油菜籽粒产量和品质性状对氮肥用量的响应[J]. 江苏农业学报,2019,35(3):602-611.
- [3] 赵继献,程国平,任廷波,等. 不同氮水平对优质甘蓝型黄籽杂交油菜产量和品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5):882-889.
- [4] 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.
- [5] 鲁剑巍. 中国油菜生产的高产高效氮素管理[J]. 中国农业科学,2016,49(18):3504-3505.
- [6] 俞巧钢,叶静,马军伟,等. 不同施氮水平下油菜地土壤氮素径

- 流失特征研究[J]. 水土保持学报,2011,25(3):22-25,30.
- [7] 曹金华,张书芬,朱家成,等. 控释氮肥不同运筹方式对油菜生长发育及产量的调控效应[J]. 华北农学报,2018,33(3):210-217.
- [8] 任廷波,赵继献. 施氮量对黄籽双低杂交油菜干物质积累的影响[J]. 山地农业生物学报,2007,26(2):99-104.
- [9] 张永泰,惠飞虎,左青松,等. 施 N 量对油菜杂种及其亲本成熟期各器官干物质积累的影响[J]. 上海农业学报,2008,24(1):63-65.
- [10] 田效琴,李卓,刘永红. 施氮量和播种密度对不同熟期油菜干物质质量和产量的影响[J]. 核农学报,2019,33(4):798-807.
- [11] 李清波. 油菜不同品种及在不同种植密度及施氮条件下产量形成研究[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
- [12] 左青松,杨海燕,冷锁虎. 施氮量对油菜氮素积累和运转及氮素利用率的影响[J]. 作物学报,2014,40(3):511-518.
- [13] Dordas C. Dry matter, Nitrogen and Phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations[J]. European Journal of Agronomy, 2009,30(2):129-139.
- [14] 潘晓华,邓强辉. 作物收获指数的研究进展[J]. 江西农业大学学报,2007,29(1):1-5.
- [15] 鲁剑巍,刘锐林. 4 个双低甘蓝型油菜品种干物质积累及养分吸收动态[J]. 华中农业大学学报,2008,27(2):229-234.
- [16] 刘强,荣湘民. 不同油菜品种光合作用及干物质积累对氮效率的影响[J]. 湖南农业科学,2010(9):29-31,34.
- [17] 张海鹏,刘强,宋海星,等. 种植密度和施肥量对‘湘杂油 763’叶绿素、干物质积累和产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(21):112-116.
- [18] 岳绪国,葛永申,景德道,等. 移栽密度和方式对不同类型油菜品种产量及构成的调控效应[J]. 江苏农业学报,2019,35(1):63-69.
- [19] 刘波,鲁剑巍,李小坤,等. 不同栽培模式及施氮方式对油菜产量和氮肥利用率的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(18):3551-3560.
- [20] 孙娟娟. 氮素对油菜物质积累及生理代谢影响的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2006.
- [21] 刘晓伟,鲁剑巍,李小坤,等. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用[J]. 中国农业科学,2011,44(23):4823-4832.
- [22] 李志玉,郭庆元,廖星,等. 不同氮水平对双低油菜中双 9 号产量和品质的影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(2):184-188.
- [23] 税红霞,汤天泽. 油菜器官与产量关系的研究进展[J]. 安徽农学通报,2007,14(16):111-113.
- [24] 赵东霞,牛俊义,闫志利,等. 不同地表覆盖方式油菜花后干物质积累与分配规律研究[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(3):31-36.
- [25] 汤亮,朱艳,鞠昌华,等. 油菜地上部干物质分配与产量形成模拟模型[J]. 应用生态学报,2007,18(3):526-530.
- [26] 官春云. 甘蓝型冬油菜 (*Brassica napus*) 干物质积累、分配与转移的特性研究[J]. 作物学报,2002,28(1):52-58.