

中度盐碱地氮、磷肥对蓖麻生育特性和产量的影响

周桂生^{1,2}, 张志栋³, 陆世渊^{1,2}, 翟富燕^{1,2}, 童晨^{1,2}, 夏玉荣^{1,2}

(1. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009;

2. 扬州大学农业部长江中下游作物生理生态栽培重点实验室, 江苏 扬州 225009;

3. 内蒙古自治区发展研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010098)

摘要: 以淄蓖 8 号为试验品种, 研究了中度盐碱地蓖麻在不同施氮量和施磷量条件下的生长特性、干物质积累、产量构成和产量。结果表明, 氮肥、磷肥和两者互作对各时期主茎真叶数的影响不显著, 氮肥、磷肥和两者互作从蕾期开始对株高和地上部干重的影响达显著或极显著水平, 从苗期开始对叶干重和茎干重的影响达显著或极显著水平, 对花序干重的影响达显著或极显著水平; 氮肥对每株穗数的影响达到显著水平, 磷肥及二者互作的影响未达到显著水平; 氮肥、磷肥及二者互作对每穗粒数、百粒重和籽粒产量的影响达到显著或极显著水平; 开花期、花后和灌浆成熟期群体地上部干物质积累与籽粒产量均呈显著线性正相关关系, 提高开花后干物质的积累有利于籽粒产量的提高。在本试验条件下, 施氮量 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、施磷量 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 苗期和蕾期各施用氮、磷肥的 50% 获得的籽粒产量最高, 达 $3568.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

关键词: 蓖麻; 氮肥; 磷肥; 生育特性; 产量; 产量构成

中图分类号: S565.606 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)06-0100-06

Effect of nitrogen and phosphorus on growth characteristics and yield of castor in medium saline soil

ZHOU Gui-sheng^{1,2}, ZHANG Zhi-dong³, LU Shi-yuan^{1,2}, ZHAI Fu-yan^{1,2},
TONG Chen^{1,2}, XIA Yu-rong^{1,2}

(1. Jiangsu Provincial Key Lab of Crop Genetics & Physiology, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2. Lab of Crop Physiology, Ecology, and Cultivation in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River of Ministry of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

3. Development Research Center of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010098, China)

Abstract: The field experiment with “Zibi 8” was conducted to investigate the effect of nitrogen and phosphorus application on growth characteristics, dry matter accumulation, yield and yield component of castor in medium saline soil. The results showed that nitrogen and phosphorus had no significant effect on the number of main stem leaf, but had significant effect on plant height and dry weight (from budding stage) and dry weight of leaf, stem and inflorescence (from seeding stage). There was significant effect of nitrogen on the spike number per plant, but there was no significant effect of nitrogen and phosphorus on it. There existed significant effect of nitrogen and phosphorus on grain number per spike, 100-grain weight and yield of castor. A positive correlation was detected between dry weight of shoot and yield during flowering, post-flowering and filling and ripening stage. Increased dry weight accumulation after anthesis was beneficial to enhancing grain yield. The yield of treatment with $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ N and $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ P_2O_5 was the highest, reaching up to $3568.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$.

Keywords: castor; nitrogen; phosphorus; growth characteristics; yield; yield component

收稿日期: 2014-05-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171483); 教育部留学回国人员基金项目(2011 年); 国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(2014 年)

作者简介: 周桂生(1971—), 男, 江苏如皋人, 农学博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事棉花和能源作物栽培和栽培生理研究。E-mail: gszhou@yzu.edu.cn。

氮和磷既是植物重要的结构物质,又通过多种途径参与各种代谢活动,影响作物生长发育、产量构成和产量^[1]。作物要获得高产,须以一定量的氮肥和磷肥投入为保障。前人针对蓖麻(*Ricinus communis* L.)研究结果表明,生产 100 kg 籽粒,北方黑钙土需吸收 N 10.60 kg、P₂O₅ 1.44 kg^[2],西北盐渍土需吸收 N 6.20~7.20 kg、P₂O₅ 0.70~0.79 kg^[3],云南红壤需吸收 N 7.71 kg、P₂O₅ 1.26 kg^[4]。近年来,随着沿海滩涂开发,蓖麻作为一种耐盐能源作物在沿海滩涂逐步受到重视^[5]。周桂生等研究发现,施氮量对中度盐碱地蓖麻的生长和干物质积累有明显影响,蕾期适量增施氮肥可使蓖麻植株在现蕾至开花保持适宜的株高日增量,促进花序干物质积累、籽粒形成和籽粒灌浆^[6]。董伟伟^[7]研究了中度盐碱地氮肥对低施磷量条件下蓖麻磷素吸收利用的影响,认为在施磷量 50 kg·hm⁻²条件下,‘淄蓖 5 号’每生产 100 kg 蓖麻籽吸收 P₂O₅ 1.23 kg,‘云蓖泰国 202’每生产 100 kg 蓖麻籽吸收 P₂O₅ 1.12 kg,加大磷肥投入仍有提高产量的空间,但相关研究并未开展。在磷肥投入增加的情况下,氮肥、磷肥及两者互作对中度盐碱地蓖麻生长发育和产量的影响还鲜见报道。本研究拟在前人的基础上,设置不同施氮量和施磷量,研究两者及两者互作对中度盐碱地蓖麻生育特性、干物质积累、产量构成和产量的影响,以期对中度盐碱地蓖麻高产栽培合理施用氮、磷肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2011 和 2012 年在江苏省盐城市新洋农场进行。试验地 0~20 cm 土壤有机质含量 25.50 g·kg⁻¹,全氮(N) 0.94 g·kg⁻¹,碱解氮 120.0 mg·kg⁻¹,速效磷(P₂O₅) 23.80 mg·kg⁻¹,速效钾(K₂O) 100.00 mg·kg⁻¹,pH 值 8.0,土壤含盐量 3.2 g·kg⁻¹,属于中度盐碱地。蓖麻试验品种为淄蓖 8 号,由山东省淄博市农科院提供。试验设施氮量和施磷量两个试验因子,施氮量设纯 N 0、225 和 375 kg·hm⁻²三个水平,分别用 A1、A2 和 A3 表示;施磷量设 P₂O₅ 0、90 和 150 kg·hm⁻²三个水平,分别用 B1、B2 和 B3 表示。氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙,播种出苗(04-25)和蕾期(06-25)各施用 50% 氮、磷肥,采取穴施方式。试验采用二因素随机区组设计,每个小区长 10 m、宽 6 m,占地 60 m²,每个处理 3 次重复,共计 27 个小区。播种日期为 4 月 25 日,播种密

度为 18 000 穴·hm⁻²,每穴播种 2 粒,子叶展平后间苗,每穴留 1 苗。田间其它管理按照蓖麻高产栽培要求进行。

1.2 调查测定项目和方法

对各个处理的每个重复选取具有代表性的 5 株蓖麻进行定株,观察生育进程,分别于 05-09(幼苗期)、05-29(苗期)、06-22(始蕾)、07-12(始花)、08-12(灌浆)、09-12(成熟)(m-d),测量株高,调查主茎真叶数。同时分别对各个处理选取具有代表性的 5 株蓖麻,分离叶片、茎秆和果穗(花序),105℃杀青 30 min,75℃烘至恒重后测定干重。07-12 后的干物质的增加值作为开花后干物质积累量,07-12—08-12 间的干物质增加值作为开花期的干物质积累量,08-12—09-12 间的干物质增加值作为灌浆成熟期的干物质积累量^[8]。成熟期收获前调查各小区的单株穗数、单穗蒴果数、百粒重,计算理论产量。收获各个小区蓖麻果穗后脱粒,晾干后称重计产。

1.3 数据统计和分析

数据录入、处理、计算和制图采用 Excel 2013 进行。数据统计分析采用 DPS7.05 进行,多重比较采用 LSD 法。

2 结果分析

2.1 施用氮、磷肥对蓖麻生长特性的影响

方差分析表明,氮肥和磷肥对苗期株高的影响不显著,06-22 开始现蕾后影响逐步显现,两者及互作对株高的影响均达到极显著水平。表 1 表明,在 06-22 和 07-12,3 个施氮量中以 225 kg·hm⁻²的植株最高,375 kg·hm⁻²次之,不施氮的最低;3 个施磷量中,以 90 kg·hm⁻²的株高最高,其次为 150 kg·hm⁻²,不施磷的株高最低;所有处理中,以 A2B2 处理的植株最高。在 08-12 和 09-12,3 个施氮水平中以 375 kg·hm⁻²的株高最高,225 kg·hm⁻²次之,不施氮的株高最低;3 个施磷水平中以施磷量 90 kg·hm⁻²的株高最高,其次为 150 kg·hm⁻²,不施磷的最低;氮磷互作以 A3B2 和 A3B3 处理最高,显著高于其它处理。

表 2 表明,苗期主茎真叶数增加速度较慢,蕾期逐渐增加,开花期达到峰值,花果期和灌浆成熟期增加很少,灌浆成熟期主茎真叶数一般为 18~20 片·株⁻¹。方差分析发现,氮肥、磷肥及两者互作对主茎真叶数的影响均不显著,表明这一指标更多地取决于品种特性。

表 1 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻各时期的株高

Table 1 Plant height of castor under different nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	株高 Plant height/cm					
	05-09	05-29	06-22	07-12	08-12	09-12
A1B1	10.40 bc	19.96 c	65.28 e	119.56 e	160.83 d	171.10 d
A1B2	10.24 bc	23.91 a	88.97 a	137.68 cd	174.78 c	175.18 c
A1B3	11.07 bc	23.13 ab	77.13 d	135.78 cd	174.17 c	175.42 c
A2B1	10.31 bc	22.24 ab	87.16 b	154.72 b	169.69 c	176.22 c
A2B2	11.54 a	23.68 a	92.84 a	163.58 a	182.83 ab	185.03 b
A2B3	9.71 c	23.04 ab	84.23 c	153.83 ab	170.50 c	175.62 c
A3B1	10.28 bc	21.76 b	84.87 bc	133.41 d	175.56 bc	186.60 b
A3B2	9.64 c	24.04 a	85.72 bc	144.76 b	189.56 a	192.00 a
A3B3	10.26 bc	21.79 b	85.49 bc	139.46 c	177.33 bc	190.70 a

注:表中同一列数据后的不同小写字母表示在 0.05 概率水平上差异显著。下同。

Note: Data in the same column followed by different letters are significantly different at the 0.05 probability level. The same as below.

表 2 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻各时期的主茎真叶数

Table 2 Number of main stem leaf under nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	主茎真叶数 Number of main stem true leaf/pcs					
	05-09	05-29	06-22	07-12	08-12	09-12
A1B1	2.2	5.0	10.4	17.0	18.0	18.2
A1B2	2.2	5.0	10.8	17.0	18.6	19.2
A1B3	2.2	5.0	10.6	17.3	18.6	19.3
A2B1	2.2	5.2	10.6	17.2	19.8	20.1
A2B2	2.2	4.9	11.4	18.3	18.6	18.8
A2B3	2.1	5.1	10.7	17.4	18.8	19.2
A3B1	2.2	5.0	11.5	18.0	18.4	19.6
A3B2	2.2	5.2	10.8	17.8	18.9	19.2
A3B3	2.2	5.2	11.3	17.6	19.1	19.3

2.2 施用氮、磷肥对蓖麻干物质积累的影响

2.2.1 叶干重 方差分析表明,氮肥和磷肥对 05-09(幼苗期)叶干重的影响不显著,但从 05-29(苗期)开始两者及互作的影响均达到显著或极显著水平。表 3 表明,225 kg·hm⁻²施氮量水平下的叶干

重最大,其次为 375 kg·hm⁻²水平或不施氮水平;90 kg·hm⁻²施磷量水平下的叶干重最大,其次为 150 kg·hm⁻²水平或不施磷水平。所有处理中,从 06-22 开始均以施氮量 225 kg·hm⁻²、施磷量 90 kg·hm⁻²的处理(A2B2)的叶干重最高。

表 3 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻各时期的叶干重

Table 3 Dry leaf weight under nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	叶干重 Dry leaf weight/(kg·hm ⁻²)					
	05-09	05-29	06-22	07-12	08-12	09-12
A1B1	9.74 a	72.79 e	292.57 f	833.10 e	1108.87 e	1198.08 f
A1B2	8.56 a	91.51 bcd	381.35 cde	1048.65 b	1311.79 cd	1557.22 d
A1B3	9.30 a	85.68 bcd	413.28 bc	1128.78 a	1484.86 ab	1783.22 b
A2B1	9.12 a	84.06 cd	372.48 de	1003.51 b	1389.04 bc	1664.43 cd
A2B2	9.78 a	82.80 cde	451.68 a	1149.43 a	1578.84 a	1998.73 a
A2B3	9.50 a	94.03 abc	433.71 ab	1023.49 b	1425.48 bc	1728.02 bc
A3B1	8.78 a	81.76 de	391.79 cd	867.74 c	1176.05 e	1361.54 e
A3B2	8.36 a	103.18 a	356.15 de	975.02 b	1228.25 de	1489.35 e
A3B3	8.94 a	95.58 ab	347.91 e	977.87 b	1314.46 cd	1684.45 cd

2.2.2 茎干重 表 4 及方差分析发现,从 05 - 29 开始,施氮显著增加了茎干重。在 06 - 22 和 07 - 12,施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 间的差异不显著。在 08 - 12 和 09 - 12,施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 水平下的茎干重显著高于 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。在 05 - 29、06 - 22 和 07 - 12, $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施磷量显著增加了茎干

重,在 08 - 12 和 09 - 12, $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施磷量均显著增加了茎干重,但两者间的差异不显著。在所有处理中, A2B2 处理在生育中后期茎干重保持着最高的水平,但在 08 - 12—09 - 12 这一时间段内增加较少。

表 4 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻各时期的茎干重

Table 4 Dry stem weight under different nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	茎干重 Dry stem weight/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)					
	05 - 09	05 - 29	06 - 22	07 - 12	08 - 12	09 - 12
A1B1	4.42 a	62.32 f	331.03 h	1864.98 e	1971.18 e	2004.30 e
A1B2	3.82 a	66.20 def	561.82 b	2110.46 d	2386.80 c	2413.22 d
A1B3	4.04 a	64.80 ef	530.11 c	2152.94 d	2181.60 d	2701.73 c
A2B1	3.90 a	66.78 cde	429.78 g	2374.09 c	2635.20 b	3035.56 b
A2B2	3.60 a	68.87 bcde	635.67 a	2536.78 a	3192.12 a	3266.46 a
A2B3	4.46 a	78.44 a	476.40 e	2461.39 b	2629.40 b	2719.01 c
A3B1	3.84 a	70.38 bcd	504.33 d	1807.60 e	2293.20 c	2491.99 d
A3B2	3.78 a	70.99 bc	489.36 de	2378.63 c	2703.60 b	2793.10 c
A3B3	3.68 a	71.75 b	454.33 f	2311.78 c	2722.28 b	2984.54 b

2.2.3 花序干重 方差分析可知,氮肥和磷肥及两者互作对花序干重的影响达到显著或极显著水平。由表 5 可以看出,在同一磷肥条件下,以 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施氮水平下的花序干重最高, $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 次之,不施氮最低。在施氮量 0 和 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,花序干重随施磷量的增加而增加,在施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,花序干重以 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施磷水平下的花序干重最高, $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 次之,不施磷的最低。在所有处理中,以施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施磷量 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的处理(A2B2)的花序干重最高。

12、08 - 12 和 09 - 12 地上部干重随施磷量增加而增加。所有处理中,09 - 12 以施氮量为 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施磷量为 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的处理(A2B2)植株地上部干重最高,达 $9\ 013.62 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,此条件下获得的产量最高。

表 5 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻花序干重

Table 5 Dry inflorescence weight under different nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	花序干重 Dry inflorescence weight/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)		
	07 - 12	08 - 12	09 - 12
A1B1	696.49 e	950.47 h	1428.95 f
A1B2	840.74 d	1128.42 g	1512.79 f
A1B3	979.34 cd	1163.38 g	1572.12 f
A2B1	1320.62 b	2299.79 b	3152.59 b
A2B2	1541.66 a	2791.12 a	3701.63 a
A2B3	1126.37 c	2006.42 c	2775.60 c
A3B1	624.60 e	1676.41 f	2149.99 e
A3B2	672.84 e	1798.16 e	2205.11 e
A3B3	986.54 cd	1912.46 d	2515.61 d

2.2.4 整株地上部干重 方差分析表明,氮肥和磷肥在幼苗期和苗期(05 - 09 和 05 - 29)对整株地上部干重的影响差异不显著,以后各期的影响达显著或极显著水平。由表 6 可知,在 06 - 22、07 - 12、08 - 12 和 09 - 12,施磷量 0 和 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,植株地上部干重随施氮量的增加先增加后降低,以 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施氮水平的处理最高;施磷量 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 水平下,06 - 22、07 - 12 和 08 - 12 地上部干重随施氮量的增加先增加后降低,以 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施氮水平的处理最高,而 09 - 12 地上部干重随施氮量增加逐渐降低。在施氮量 0 和 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,植株地上部干重随施磷的增加先增加后降低,以 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施磷水平下最高;施氮量 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,06 - 22 地上部干重随施磷量增加而降低,07 -

2.2.5 地上部干物重与籽粒产量的关系 从图 1 可以看出,淄蓖 8 号在灌浆成熟期(08 - 12—09 - 12)的群体地上部干物质积累量与籽粒产量之间呈显著的正相关关系,相关系数为 0.76,表明灌浆成熟期较高的干物质积累有助于产量的形成。图 2 和图 3 表明,开花期(07 - 12—08 - 12)和开花后(07 -

12—09—12)地上部群体干物质积累量与产量之间呈显著或极显著的正相关关系,相关系数分别为0.73和0.95。与开花期(07—12—08—12)相比,开

花后(07—12—09—12)地上部群体干物质积累与产量间的相关系数明显较高,开花后干物质的积累量的增加有利于籽粒产量的提高。

表 6 不同氮肥和磷肥处理条件下蓖麻植株地上部干重

Table 6 Biomass of shoot under different nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	整株地上部干重 Dry plant weight/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)					
	05—09	05—29	06—22	07—12	08—12	09—12
A1B1	14.16 a	135.11 d	623.60 f	3394.57 e	4030.52 g	4631.33 g
A1B2	12.38 a	157.72 bc	943.16 b	3999.86 d	4827.01 f	5483.24 f
A1B3	13.34 a	150.48 c	943.39 b	4325.87 c	4829.83 f	6057.07 e
A2B1	13.02 a	150.84 c	802.26 e	4698.23 b	6180.03 b	7852.58 b
A2B2	13.38 a	151.67 c	1087.35 a	5227.87 a	7598.08 a	9013.62 a
A2B3	13.96 a	172.48 a	910.10 bc	4611.25 b	5989.31 c	7222.63 c
A3B1	12.62 a	152.14 c	896.12 c	3134.34 e	5235.66 e	6003.52 e
A3B2	12.14 a	174.17 a	845.51 d	3936.49 d	5906.41 d	6487.56 d
A3B3	12.62 a	167.33 ab	802.25 e	4308.59 c	5949.21 c	7616.60 c

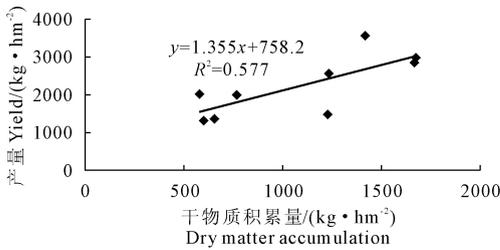


图 1 灌浆成熟期(08—12—09—12)地上部干物质积累量与产量的关系

Fig. 1 Relationship between yield and dry matter accumulation of castor during grain filling and ripening stage

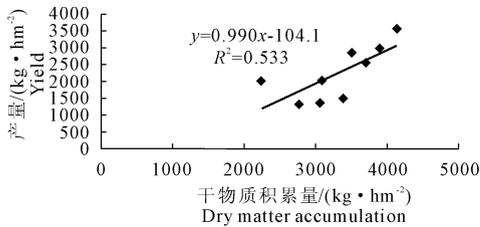


图 2 开花期(07—12—08—12)地上部干物质积累量与产量的关系

Fig. 2 Relationship between yield and dry matter accumulation of castor at flowering stage

2.3 施用氮、磷肥对产量及产量构成的影响

方差分析表明,氮肥对每株穗数的影响达到显著水平,磷肥及二者互作的影响未达到显著水平;氮肥、磷肥及二者互作对每穗粒数、百粒重和籽粒产量的影响达到显著或极显著水平。由表 7 可知,施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 显著增加了每株穗数,但与 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 之间的差异不显著。在同一施磷水平下,每穗

粒数随施氮量的增加呈现先增加后降低的趋势,以施氮 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 水平下最高;在施氮量 0 和 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,每穗粒数随施磷量的增加而降低,在施氮量 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,每穗粒数随施磷量的增加总体呈增加趋势。与其它处理相比, $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施氮量和 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 施磷量配合施用更有利于百粒重的提高。

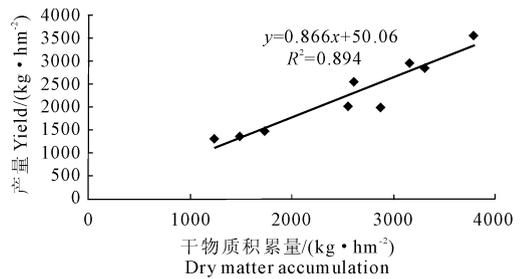


图 3 开花后(07—12—09—12)地上部干物质积累量与产量的关系

Fig. 3 Relationship between yield and dry matter accumulation of castor after flowering

在施磷量 0 和 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,籽粒产量随施氮量的增加先增加后降低,以施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 水平下产量最高,在施磷量 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,籽粒产量随施氮量的增加而增加;在施氮量为 0 和 $375 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,蓖麻产量随施磷量的增加而增加,在施氮量为 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 条件下,产量随施磷量的增加先增加后降低。所有处理中,以施氮量 $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、施磷量 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 处理(A2B2)的产量最高,达到 $3568.40 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

表7 不同氮肥和磷肥条件对产量和产量构成的影响

Table 7 Yield and yield components under different nitrogen and phosphorus treatments

处理 Treatments	产量和产量构成 Yield and yield components			
	单株穗数 Spike number	每穗粒数 Grain number per spike	百粒重 100-grain weight/g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
A1B1	4.3b	66.8de	25.01f	1305.2e
A1B2	4.5b	60.4de	27.91e	1362.1e
A1B3	5.0ab	56.1e	28.25e	1477.9e
A2B1	5.7a	104.0a	27.68e	2976.1b
A2B2	5.7a	101.6a	34.46a	3568.4a
A2B3	5.3a	89.7b	29.35d	2560.8c
A3B1	5.6a	79.0c	25.03f	1999.4d
A3B2	5.8a	59.3de	32.73b	2031.0d
A3B3	5.8a	84.8bc	30.75c	2854.8bc

3 小结与讨论

氮和磷的缺乏往往是限制作物生长发育和产量形成的非生物因子。在施足基肥的基础上,蕾期增施适量氮肥可以促进蓖麻植株在现蕾至开花期保持较高的株高日增量和干物质积累,确保开花期、花果期和灌浆成熟期有充足的氮素供应,以促进开花后干物质的积累和产量的形成^[9-10]。在氮肥得到保证之后,磷肥的施用就显得十分必要。在适宜的施氮量范围内,蓖麻群体的主要光合性状与磷肥施用量呈正相关,但超过某一限度后呈负相关。如周丽娟等^[11]认为,蓖麻的主要光合性状在花果期的后期至灌浆成熟期受磷肥影响较大,适宜的磷素可以在一定程度上增强蓖麻光合能力,当施磷量保持在 46~92 kg·hm⁻²时,光合性状指标较高,施磷量过高或者过低均不利于光合性能的提高。与氮肥相比,磷肥对蓖麻结果的促进作用更为重要,增施磷肥可以提高蓖麻株高、茎秆直径、籽粒百粒重及产量,而土壤缺磷会限制蓖麻结果,导致减产^[12-13]。

本试验研究以淄蓖8号为试验品种,研究了沿海滩涂中度盐碱地施氮量、施磷量和两者互作对蓖麻生长特性、干物质积累和产量的影响。结果表明,

氮肥、磷肥和两者互作对蓖麻幼苗期株高和地上部干重的影响很小,从蕾期开始的影响达显著或极显著水平,对各时期主茎真叶数的影响不显著,从苗期开始对叶干重和茎干重的影响达显著或极显著水平,对花序干重的影响达显著或极显著水平;氮肥对每株穗数的影响达到显著水平;氮肥、磷肥及二者互作对每穗粒数、百粒重和籽粒产量的影响达到显著或极显著水平;提高开花后干物质的积累有利于籽粒产量的提高。在本试验条件下,施氮量 225 kg·hm⁻²、施磷量 90 kg·hm⁻²的处理获得的产量最高。

参考文献:

- [1] 赵平,孙谷畴,彭少麟.植物氮素营养的生理生态学研究[J].生态科学,1998,17(2):37-41,42.
- [2] 白金铭.蓖麻吸肥规律的初步研究[J].内蒙古农业科技,1989,(3):7-10.
- [3] 熊志军,侯新宇.蓖麻高产栽培技术[J].新疆农业科技,2002,(2):19-20.
- [4] 江惠琼.云南红壤上蓖麻的N、P、K吸收与施肥技术研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [5] Zhou Guisheng, Ma Baoluo, Li Jun, et al. Determining salinity threshold level for castor bean emergence and stand establishment[J]. Crop Science, 2010, 50(5):2030-2036.
- [6] 周桂生,李军,童晨,等.中度盐碱地蓖麻生长和地上部干物质积累特性的研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2011,32(1):30-34,40.
- [7] 董伟伟.种植密度和施氮量对中度盐碱地蓖麻生育特性和养分吸收的影响[D].扬州:扬州大学,2010.
- [8] 王荣栋,尹经章.作物栽培学[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [9] 周桂生,董伟伟,夏玉荣,等.密度和施氮量对沿海滩涂中度盐碱地蓖麻产量和氮素吸收的影响[J].中国油料作物学报,2011,33(3):270-274.
- [10] 周桂生,李军,童晨,等.密度和施氮量对沿海滩涂中度盐碱地蓖麻磷素吸收的影响[J].中国油料作物学报,2011,33(5):482-486.
- [11] 周丽娟,牟金明,郑永照,等.磷肥对蓖麻不同生育期光合特性的影响[J].中国油料作物学报,2010,32(3):408-412.
- [12] 蒋小军,唐炳章,何有上.合理施用氮磷钾肥对蓖麻干重积累及产量的影响[J].农业科技通讯,2010,(5):92-95.
- [13] 刘冲,洪立洲,王茂文,等.苏北沿海滩涂氮、磷肥对蓖麻生长及产量的影响[J].湖北农业科学,2011,50(8):1540-1543.