

不同施氮时期对陆地棉叶片光合特性 及产量构成的影响

王 娇,徐文修,殷志峰,唐江华,张 成
(新疆农业大学农学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要:在已确定棉花施氮总量的基础上,2011 年进一步进行了不同施氮时期对陆地棉叶片光合特性和产量构成因素的研究。研究表明:在播前施 150 kg·hm⁻²基肥和花铃期施 150 kg·hm⁻²追肥的 N3 处理功能叶片的 SPAD 值和净光合速率在花铃期以后均处于较高水平,而叶面积指数则表现为蕾期和花铃期各追施 150 kg·hm⁻²氮肥的 N4 处理自花铃期保持最高水平,其次为 N3 处理。N3 处理抑制蕾铃的脱落,其蕾铃脱落率分别比 N2、N4 处理低 48.98%和 44.44%。各处理皮棉产量以 N3 处理最高,达 1 324.7 kg·hm⁻²,比施肥各处理的平均产量高出 14.9%。

关键词:陆地棉;施氮时期;光合特性;产量
中图分类号: S562.062 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)04-0177-05

Effects of nitrogen fertilization time on photosynthetic characteristics and yield components of land cotton

WANG Jiao, XU Wen-xiu, YIN Zhi-feng, TANG Jiang-hua, ZHANG Cheng
(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: The effect of fertilization time on photosynthetic characteristics and yield components of land cotton in 2011 was studied in this paper, under the condition that the total annual nitrogen fertilizer usage was fixed. The results showed that: in N3 treatment, 150 kg·hm⁻² of nitrogen fertilizer was applied before planting as base fertilizer and at flower and boll stage as boost, the SPAD value and net photosynthetic rate were high after the flower and boll stage. In N4 treatment, 150 kg·hm⁻² of nitrogen fertilizer was applied at budding stage and the flower and boll stage. In N4 treatment, the tested cotton had highest leaf area index, followed by the N3 treatment. N3 treatment also inhibited the abscission of the bud and boll of cotton. The bud and boll abscission rate in N3 treatment was 48.98% and 44.44% lower than in N2 and N4 treatment respectively. The N3 treatment achieved the highest Lint Yield and reached the maximum of 1 324.7 kg·hm⁻², which was 14.9% higher than the average lint yield of tested cottons in all treatments.

Keywords: land cotton; nitrogen fertilization time; photosynthetic characteristics; yield

长期以来,我国棉花生产以施氮肥为主^[1],且常常倾向于增施氮肥以获得棉花高产,这不但加重了土壤氮淋洗和对环境的污染^[2],而且导致了因营养体生长过旺而贪青晚熟,前期僵烂花,后期铃及霜后花比重增加,纤维品质大幅度降低^[3],一直制约着棉花生产的进一步发展。氮肥的合理运筹可在提高棉花产量和品质的同时提高氮素利用率,减少因过量施氮而造成环境污染^[4]。

近年来,许多学者在氮素对棉花的影响方面做了大量研究,Rochester 等^[5]研究表明:氮素的增加虽然有利于棉株生物量的积累和养分的吸收,但过量施氮会导致棉花因营养体生长过旺而贪青晚熟、品质下降。薛晓萍等^[6]研究发现:施氮有利于棉花生长前期生物量的快速积累,可以调节快速生长期的早晚和持续的时间,亦可改变干物质积累速率;也有研究表明:适宜的施氮水平可以提高养分吸收速率以及提前最大速率出现日,合理的氮肥施用可以调节棉花干物质积累过程,优化棉花各部位干物质的积累和分配^[7]。但大都只是针对不同施肥水平对棉株生长及生理活性的影响,而缺乏在已确定的最佳

收稿日期:2012-04-27
基金项目:农业部行业项目(201103001);“现代农作制构建及配套技术研究与示范”
作者简介:王 娇(1985—),女,新疆哈密人,硕士研究生,研究方向为作物耕作制度。E-mail: wj09020045@sina.com。
通信作者:徐文修(1962—),女,教授,博士生导师,主要从事作物耕作制度与农业生态研究工作。E-mail: xjwxw@sina.com。

施肥量基础上施肥时期对棉花影响的研究。故本试验在已得出的陆地棉最佳施肥量基础上,进一步开展不同时期追施氮对陆地棉叶片光合特性和产量的影响,探索陆地棉适宜氮肥用量的适宜施用时期,从而为北疆棉区科学合理地施用氮肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2011 年在新疆呼图壁县大丰镇进行。试验区属温带大陆性干旱气候,光照充足,热量丰富;气温年较差、日较差大;年均气温为 2.4℃~7.1℃,无霜期 129~176 d,日照时数 2 900 h,年生理有效辐射 2 497 MJ·m⁻²,年降水量 110~200 mm,蒸发量 2 300 mm 以上,属典型灌溉农业区,土壤为砂壤质潮土,耕层土壤有机质含量为 9.56 g·kg⁻¹、全氮 3.1 g·kg⁻¹、碱解氮 35.42 mg·kg⁻¹、速效磷 14.54 mg·kg⁻¹、速效钾 126.99 mg·kg⁻¹。前茬为棉花。

1.2 试验设计

本试验依托 2008—2010 年农业部公益性行业(农业)科研专项,连续三年在呼图壁县大丰镇进行了陆地棉不同施氮水平的田间试验,通过研究确定了呼图壁县大丰镇陆地棉最佳氮肥经济施肥量^[8-9],在此基础上为了探索氮肥最佳的施用时期,于 2011 年进一步开展了氮肥最佳施用时期的田间试验。

在确定氮肥 300 kg·hm⁻²总量的基础上,设不同时期施肥量为单因子随机区组设计(表 1),试验共设 4 个处理,每个处理 3 次重复,随机区组排列,小区面积 48 m²(6 m×8 m),每小区 3 幅膜,一膜 4 行,每区共计 12 行,田间配置为(35+55+35)×12 cm,供试品种为新陆早 13 号。小区实行单排单灌,小区之间设田埂隔开,防止肥水相互串灌。各处理均施三料磷 150 kg·hm⁻²、硫酸钾 75 kg·hm⁻²作基肥,田间管理以当地高产田要求为准。

表 1 各处理的施肥时期与施肥量(kg·hm⁻²)
Table 1 The fertilizer application period and usage in different treatments

处理 Treatments	施肥时期 Fertilizer application period			总量 Total
	基肥 Basal fertilizer	蕾期 Buding stage	花铃期 Flowering and boll stage	
N1 (CK)	0	0	0	0
N2	150	150	0	300
N3	150	0	150	300
N4	0	150	150	300

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶绿素 SPAD 值测定 分别在棉花的苗期、蕾期、花期和铃期,选择晴好无风天气,用日本产手持便携式 SPAD-502 型叶绿素仪,在每个小区定 6 株夹取主茎上的倒 4 叶,测定其 SPAD 值。测定时避开叶脉,取叶片的底部、中部和顶部的平均值。

1.3.2 净光合速率(*Pn*)测定 采用便携式光合测定仪 tpa-22,选择晴天于 11:00—15:00 测定。各处理选取 5 株棉花,重复 3 次,测其功能叶的净光合速率,取其平均值。

1.3.3 单株叶面积测定 各处理选取长势均匀一致的棉株 6 株,重复 3 次,摘取棉株所有叶片,依次用叶面积仪测定每张叶片的叶面积,累加后取平均值为单株叶面积值。

1.3.4 产量测定 收获时测定每小区棉株的单株铃数、单铃重;并且对各处理各重复分下、中、上果枝部位分别取棉桃各 50 朵,分别测定其单铃重和衣分;以各小区收获实际株数和单株铃数计算产量。

1.3.5 数据分析 采用 Excel 与 DPS 软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮时期对棉花主茎功能叶 SPAD 值的影响

用化学方法在不同时期对棉花倒 2、倒 3、倒 4 叶叶绿素含量测定后与叶绿素仪数值(SPAD)进行比较,两者相关性非常高^[10-11],相关系数均超过 0.9468,所以叶绿素仪读数可以直接反映叶绿素含量的高低。由图 1 可看出,各处理 SPAD 值在整个生育期中变化幅度较小,均表现为苗期最低,蕾期后保持平稳的水平。未施肥的 N1 处理在整个生育期始终处于最低水平;各施肥处理间的 SPAD 值在蕾期以前差异很小,进入蕾期后差异显著,施基肥的 N3 处理和蕾期施追肥的 N4 处理的 SPAD 值均高于 N2 处理;由于 N3、N4 处理在花铃期施了追肥,花铃期后的 SPAD 值均保持了稳定的水平。说明在生殖生长旺盛时期,花铃期追肥可以促进功能叶片叶绿素含量上升,为叶片提供了合成充足养分的必要条件,同时为提高光合效率奠定了物质基础。

2.2 不同施氮时期对棉花主茎功能叶净光合速率(*Pn*)的影响

棉花蕾期至盛铃期不同处理间棉株主茎功能叶片光合速率均呈显著差异(图 2),比较全生育期,各处理均呈现先升高后降低的趋势,在花铃期表现最高,可见花铃期是养分转运最快的时期,而且净光合

速率出现的高峰值并未因施肥时期的早晚以及是否施肥而改变。但进入初花期后,施肥处理的叶片净光合速率明显高于未施氮肥的 N1 处理,且花铃期追肥的 N3 处理叶片净光合速率保持较高的水平,为秋桃输送了较多的光合产物,同时给高产打下了基础。

蕾期至盛铃期各处理净光合速率与对照 N1 均呈显著差异,未施氮肥的 N1 处理的净光合速率在整个生长期均处于最低水平。比较各施肥处理可知,自蕾期至初花期棉花叶片净光合速率以施基肥和蕾期追肥的处理 N2 最高,可见前期追施氮肥能较好地提高叶片净光合速率;花铃期至盛铃期,施基肥和花铃期施追肥的 N3 处理净光合速率显著高于 N2 和 N4 处理,比 N2、N4 处理平均提高了 10.3%,说明施基肥并在花铃期追肥不仅有利于提高叶片的净光合速率,而且使持续期延长;同时盛铃期 N3 处理叶片净光合速率仍是最高,表明生殖生长期增施氮素可延缓成熟期棉花叶片的衰老,提高叶片净光合速率。

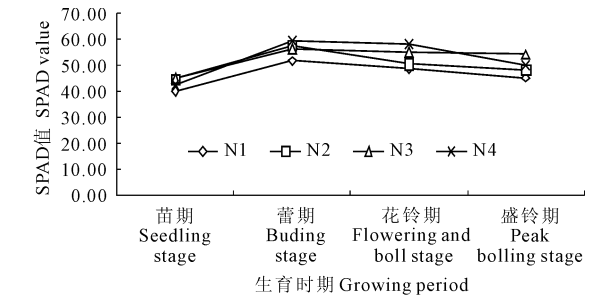


图 1 不同施肥时期对棉花功能叶片 SPAD 值的影响
Fig.1 Effect of the fertilization at different nitrogen stages on the SPAD value

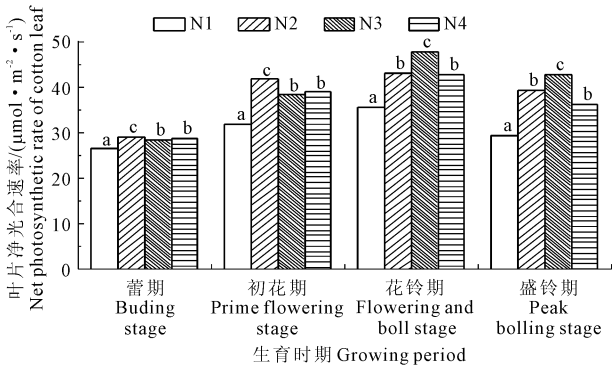


图 2 施氮时期对棉花叶片净光合速率的影响
Fig.2 The effect of nitrogen application stage on the net photosynthetic rate (Pn) of cotton leaf

2.3 不同施氮时期对棉花叶面积指数的影响
适宜的叶面积指数是作物进行有效光合作用的

基础。从图 3 可知,各处理的叶面积指数变化趋势一致,均呈现单峰曲线,从苗期到花铃期均处于上升阶段,并于花铃期达到高峰,随后稍有下降。未施肥的 N1 处理在各生育时期叶面积指数始终处于最低水平。各处理在初花期之前没有明显差异,但从初花期开始施基肥的 N2、N3 处理的叶面积指数明显高于 N4 处理,这一差异一直持续到盛花期,从盛花期开始 N4 处理叶面积指数快速增长,直至见絮期一直保持最高的水平,而 N3 处理从花铃期至见絮期一直保持次高水平,说明花铃期追施氮肥有利于棉花群体的叶面积指数更接近最佳的利用光能状态;而未施肥的 N1 处理叶面积指数下降趋势较快,呈现早衰态势。可见,施氮肥比不施氮棉花的叶面积指数高,尤其是在花铃期追施氮肥更利于保证棉花群体结构的合理性,为后期高产量的形成打下物质基础。

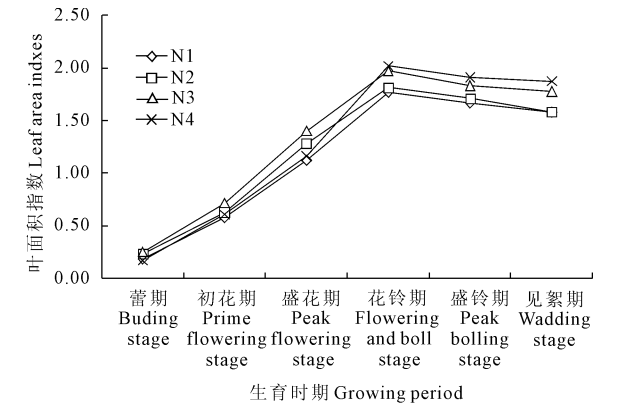


图 3 不同施氮时期对棉花叶面积指数的影响
Fig.3 Effect of the fertilization at different nitrogen stages on the leaf area indexes

2.4 不同施氮时期对棉花蕾铃脱落率的影响
棉花蕾铃脱落率的大小直接影响棉花产量的高低。N1、N2、N3 和 N4 处理的棉花单株蕾铃脱落率分别为 57.30%、49.11%、24.99% 和 45.40%。从数据分析可看出:各施氮处理与未施氮肥的 N1 处理相比,追施氮肥的各处理提高了光能的转化速率,光合产物分配合理,棉铃库强度提高,从而使蕾铃脱落率明显低于 N1 处理,平均低 30.35%。但不同时期施肥的各处理蕾铃脱落率差异显著,其大小依次为: N2 > N4 > N3, N3 处理的蕾铃脱落率最低,且分别比 N2、N4 处理低 48.98% 和 44.44%。说明氮肥以基肥和花铃期追施的 N3 处理有利于抑制蕾铃的脱落,提高盛铃期至吐絮期群体光合速率,延长光能高效利用的时间,从而提高棉花群体光合性能,为棉花高产奠定有利的物质基础。

2.5 不同施氮时期对三桃比例的影响

施用氮肥对棉株的生长发育起到一定的调节作用,不同时期施入对“三桃”比例的影响也不同。施肥的 N2、N3 和 N4 处理的伏前桃数量均比 N1 处理有所提高,分别提高了 237.8%、117.8% 和 48.9%。各施肥处理间由于施肥时期的不同,伏前桃的数量也存在差异:施基肥和蕾期施追肥的 N2 处理的伏前桃数量分别比施基肥和花铃期施追肥的 N3 处理和蕾期和花铃期施追肥的 N4 处理高 36.64% 和 55.45%。说明保证基肥、追施花铃肥能有效增加伏前桃数量。

伏桃数量的多少在很大程度上决定了棉花的产量。从图 4 来看,氮肥施入的时期对伏桃数量具有明显的影响作用。不同时期施肥的处理中,N2、N3、N4 的伏桃数量分别比 N1 提高 24.9%、38.6%、17.8%,其中 N3 处理的增幅最大。这表明施氮肥有利于增加伏桃数量,在保证了基肥量的基础上,花铃期增施追肥更能大幅增加伏桃数量。

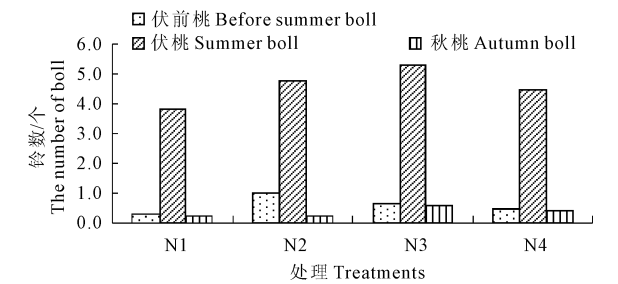


图 4 不同施氮时期对棉花三桃比例的影响
Fig.4 Effect of the fertization at nitrogen stages on the ratio of three kinds of cotton boll

从秋桃数量来看,N2 处理的秋桃数量与 N1 无

差异,N3、N4 处理分别比 N1 提高 151.1%、86.4%。同样生殖生长时期施追肥可以增加秋桃数量,这说明后期追施氮肥对秋桃的形成具有举足轻重的作用。而在北疆棉花产量的形成主要取决于伏桃和秋桃的数量,由此可见生殖生长时期追施氮肥更有利于棉花产量的提高。

2.6 不同施氮时期对棉花产量及产量构成因素的影响

在棉花产量构成因素中总铃数、铃重和衣分在皮棉产量中作用不同,总铃数对皮棉产量影响最大,起主要作用,铃重对皮棉产量影响处于第二位,衣分对皮棉产量的直接作用最小^[12]。本试验结果表明,增施氮肥可以显著增加单株铃数和单铃重,而对棉花衣分影响不大;同时全生育期间各施肥处理的单铃重和单株铃数差异显著。从表 2 可看出,未施肥的 N1 处理的单株铃数、单铃重和籽棉产量均处于最低的水平,施肥处理平均比 N1 处理的单株铃数提高了 20.12%、单铃重提高了 3.96% 和籽棉产量提高了 22.67%;不同时期施肥的各处理间,单株铃数以 N3 处理最高,比 N2、N4 处理分别提高了 7.40% 和 13.10%,单铃重大小顺序为 N3 > N4 > N2, N3 处理比 N2、N4 处理分别提高了 3.74% 和 1.76%,皮棉产量仍是 N3 处理的最高,比 N2、N4 处理平均提高了 12.96%,表明不同施氮时期能够直接影响到光合产物向棉铃的运输。其中,施基肥和花铃期追肥的 N3 处理无论是单株铃数、单铃重还是皮棉产量都表现最佳,由此可见,适宜的施氮肥时期对陆地棉的增产效果主要是通过增加单株铃数和单铃重实现的,以基肥和花铃期追施氮肥有效地保证了单株铃数和提高了单铃重,为棉花高产奠定了基础。

表 2 不同施氮时期棉花产量及产量构成因素

Table 2 The yield and yield components at different nitrogen application stages						
处理 Treatments	株数 Number of plant /万株·hm ⁻²	铃数 Number of bolls /个·株 ⁻¹	单铃重 Weight per boll /g	衣分 Lint percentage /%	籽棉产量 Yield of seed cotton /(kg·hm ⁻²)	皮棉产量 Yield of ginned cotton /(kg·hm ⁻²)
N1(CK)	11.65a	4.83a	4.28a	38.76a	2405.81a	932.49a
N2	11.37a	6.01c	4.37b	38.98a	2987.60b	1135.29b
N3	11.44a	6.49d	4.54c	39.32a	3369.02c	1324.70c
N4	11.84a	5.64b	4.46b	39.32a	2977.17b	1170.62b

注:不同字母表示处理间达 5% 的显著水平。
Note: Different letter represented significant difference at the lever of 5% .

3 结论与讨论

关于增施氮肥对叶片光合作用的影响研究已有

较多报道,但结论不尽一致。孙红春等^[13]的研究结果表明,施氮可以提高叶片的光合速率,但光合速率并不是随着施氮量的增加而增加,中、高施氮水平处

理的光合速率均高于低氮处理。此外,适宜的施氮量能改善叶片的光合性能,优化生育后期冠层结构,提高群体光合速率,使其具有较大的增产优势。本试验结果表明,追施氮肥的时期不同,对棉花功能叶片的 SPAD 值、净光合速率和叶面积指数都有影响。其中,施基肥和花铃期追肥的 N3 处理显著提高了功能叶片的 SPAD 值和净光合速率,保证了合理的叶面积指数,蕾期和花铃期施追肥的 N4 处理仅次于 N3 处理。

不合理的氮肥运筹比例会导致棉花营养器官生长发育不良或徒长,使蕾铃脱落率增加,减少成铃数,降低单铃重,最终使产量下降;而当氮肥运筹比例合理时,棉花的营养生长与生殖生长关系协调,为棉花高产优质的形成奠定下良好的物质基础。国内外针对氮肥运筹比例对棉花产量的影响已开展了许多的研究^[14-15],但由于棉花产量及其构成因素既受自身因素的影响又受外界环境因素的影响,如各地土壤肥力条件、气候条件和品种特性等,所以不同研究其结果也不尽相同。

本试验结果表明,追施氮肥的时期不同,对棉花蕾铃脱落率、三桃比例和产量都有影响。其中,施基肥和花铃期追肥的 N3 处理显著降低了蕾铃脱落率,明显增加了单株结铃数和单铃重,单株结铃数分别比 N1、N2、N4 处理分别提高了 25.58%、7.40%、13.10%;单铃重分别提高了 5.73%、3.74%、1.76%,皮棉产量比 N1、N2 和 N4 处理分别提高了 29.61%、14.30% 和 11.63%;蕾期和花铃期施追肥的 N4 处理产量仅次于 N3 处理。可见,棉花施氮肥策略上应重施基肥,在生殖生长时期增施追肥,可使棉花获得高产,这与前人的研究结论基本一致^[14]。

(上接第 166 页)

[18] Marques MS, Pagano M, Scotti MRMMML. Dual inoculation of a woody legume (*Centrosema tomentosum*) with rhizobia and mycorrhizal fungi in south-eastern Brazil[J]. Agroforestry Syst., 2001, 52:107-117.

[19] Lesueur D, Duponnois R. Relations between rhizobial nodulation and root colonization of *Acacia crassiparpa* [J]. Ann Forest Sci., 2005, 62:467-474.

[20] 李淑敏,李 隆,张福锁.丛枝菌根真菌和根瘤菌对蚕豆吸收磷和氮的促进作用[J].中国农业大学学报,2004,9(1):11-15.

[21] 董昌金,赵 斌.AM 真菌与根瘤菌互作及类黄酮对互作效果的影响[J].应用生态学报,2004,15:1585-1588.

[22] Barea JM, Toro M, Orozco MO, et al. The application of isotopic

参 考 文 献:

[1] 薛晓萍,陈兵林,郭文琦,等.棉花临界需氮量动态定量模型[J].应用生态学报,2006,17(12):2363-2370.

[2] 薛晓萍,郭文琦,周治国.氮素对棉花氮素利用率和产量的影响[J].中国科学通报,2008,24(10):462-466.

[3] Rochester I J, Peoples M B, Hulugalle N R, et al. Using legumes to enhance nitrogen fertility and soil condition in cotton cropping systems [J]. Field CropsResearch,2001,70:27-41.

[4] 凌启鸿.作物群体质量[M].上海:上海科学技术出版社,2000:178-197.

[5] ROCHESTER I J, Peoples M B, Hulugalle N R, et al. Using legumes to enhance nitrogen fertility and soil condition in cotton cropping systems[J]. Feild Crop Research, 2001,70:27-41.

[6] 薛晓萍,郭文琦,王 琳,等.不同施氮水平下棉花生物量动态增长特征研究[J].棉花学报,2006,18(6):323-326.

[7] 薛晓萍,王建国,郭文琦,等.氮素水平对初花后棉株生物量、氮素积累特征及氮素利用动态变化的影响[J].生态学报,2006,26(11):3631-3640.

[8] 王 娇,江 振,徐文修,等.不同施氮水平对陆地棉棉铃空间分布及产量的影响[J].新疆农业科学,2011,6:1078-1082.

[9] 赵双印,林忠东,李小斌,等.不同施氮水平棉花氮磷钾养分吸收规律研究[J].新疆农业科学,2010,47(1):141-145.

[10] 王 娟,韩登武,任 岗,等.SPAD 值与棉花叶绿素和含氮量关系的研究[J].新疆农业科学,2006,43(3):167-170.

[11] 艾天成,李方敏,周治安,等.作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究[J].湖北农学院学报,2000,20(1):6-8.

[12] 王荣栋,尹经章.作物栽培学[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2000,467.

[13] 孙红春,李存东,周彦珍.不同氮素水平对棉花功能叶生理特性、植株性状及产量构成的影响[J].河北农业大学学报,2005,28(6):9-14.

[14] 冯克云,张秉贤.南宏宇河西内陆灌区不同灌水施氮水平对棉花产量构成的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):49-53.

(³²P and ¹⁵N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate – solubilizing rhizobacterial, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops[J]. Nutr Cycl Agroecosy., 2002,63:35-42.

[23] Antunes PM, De Varennes A, Rajcan I, et al. Accumulation of specific flavonoids in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as a function of the early tripartite symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* (Kirchner) Jordan [J]. Soil Biol Biochem., 2006,38:1234-1242.

[24] Sampedro I, Aranda E, Diaz R, et al. Xyloglucanases in the interaction between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and *Rhizobium* [J]. Symbiosis, 2007,43:29-36.