干旱区辣椒全膜垄作沟灌与保水剂配合节水技术研究

丁　林，王以兵，李元红，雒天峰，李　斌，孟彤彤
（甘肃省水利科学研究院，甘肃 兰州 730000）

摘　要：在民勤地区进行辣椒全膜垄作沟灌与保水剂配合节水技术试验，测定免储水灌注水移栽条件下辣椒地土壤水分扩散规律、辣椒耗水规律及产量效应，分析配套施用保水剂对辣椒地土壤水分的影响。结果表明，在民勤地区，辣椒采用免储水灌全膜垄作沟灌注水移栽技术，并配合使用适当量的保水剂，能使辣椒增产19.73%，节水30.79%，水分利用效率提高42.33%；适当施用保水剂具有减少作物耗水量的作用，保水剂在合理使用范围内施用增产效果明显。

关键词：注水移栽；保水剂；辣椒
中图分类号：S152.7+5　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2011)02-0077-06

近年来，民勤县按照“产业化生产，区域化发展”的思路，积极引导农民种植商品辣椒，做大做强辣椒产业，种植品种由单一的“猪大肠”发展到包括美国红、兰州线椒、陇椒、航椒在内的十余个品种，种植范围达到10多个乡镇，年种植面积达到5 200 hm^2以上，成为全省种植规模最大的县[1,2]。随着辣椒种植面积的扩大，传统辣椒覆膜平种模式耗水量大，水分利用效率较低，病害较多，已不能适应种植结构的调整及高效节水型农业的发展。已有研究表明垄作沟灌结合保水剂节水技术可减少表层土壤水分消耗，提高抗旱能力及肥料利用率[3~8]，促进作物根系及植株生长发育[9~12]，节约大部分冬(春)灌水量，增加作物根区土壤含水率[13]。由于注水移栽时所注水量有限，这些水经蒸发和侧渗后根区土壤含水量降低很快，因此我们结合保水剂和注水移栽的优点，提出辣椒全膜垄作沟灌结合保水剂注水移栽技术，并在民勤地区开展试验研究，以期为干旱区节水、增效开辟新的有效途径。

1　试验材料与研究方法

1.1　试验区概况

试验区位于民勤县大滩乡的甘肃省水利科学研究院民勤试验基地，地处民勤绿洲和腾格里沙漠交界地带，地理坐标东经130°05′，北纬38°37′，属典型的大陆性荒漠气候，气候干燥，降水稀少，蒸发量大，风沙多，自然灾害频繁。多年平均气温7.8℃，极端最高气温39.5℃，极端最低气温−27.3℃，平均湿度45%，多年平均降水110 mm，多年平均蒸发量2 644 mm，年日照时数3 028 h，光热资源丰富，≥0℃积温3 550℃，≥10℃积温3 145℃，无霜期150 d，最大冻土深115 cm。试验区土质0～60 cm为黏壤土，60 cm以下逐渐由黏壤土变为沙壤土，土壤平均容重为1.54 g/cm^3。

1.2　试验设计

供试辣椒品种为美国红，收获红辣椒后用于制作辣酱或提取色素。试验采用穴盘育苗，于4月1日播种，5月15日移栽，9月2日收获测产。试验设置5个处理，保水剂为唐山博亚科技(集团)有限公司的“白金子”沙地保水剂，各处理保水剂施用量分别为0 g/穴(T1)、0.1 g/穴(T2)、0.2 g/穴(T3)、0.3 g/穴(T4)，移栽时注水量0.8 kg/穴(120 m^3/hm^2)。试验田免冬(春)季储水灌，移栽前先起垄覆全膜，垄顶宽50 cm，垄底宽60 cm，垄高30 cm，沟宽40 cm，起垄覆膜后在垄沟灌水，灌水量600 m^3/hm^2，灌后7～10 d按行距40 cm，株距30 cm移栽。辣椒全生育期灌水5次，灌水定额600 m^3/hm^2，灌溉定额3 120 m^3/hm^2(包括移栽时注水量)，对照(CK)为春季储水灌覆膜平地移栽，春季储水灌时间为5月5日，储水定额1 200 m^3/hm^2，覆膜移栽后灌5次水，灌水定额900 m^3/hm^2，灌溉定额4 500 m^3/hm^2，各处理重复3次，小区面积45 m^2(3 m×15 m)。

1.3　测试内容及方法

在辣椒地起垄前、移栽前2 d及整个生育期内每隔10 d以及辣椒收获后，测定作物根区及垄顶、垄沟土壤水分，深度分别为0～10、10～20、20～40、40～60、60～80、80～100 cm，采用土钻取土烘干法测定，灌水前后及降雨前后加测。采用管道输水垄沟

收稿日期：2010-06-28
基金项目：国家科技支撑计划项目(2007BAD46B05)；水利部公益性行业科研专项经费项目(200801009)；甘肃省技术研究与开发专项计划项目(0912TCYA010)；甘肃省创新团队建设项目(098TTCA006)
作者简介：丁林(1978-)，甘肃武威人，硕士，工程师，主要从事节水灌溉及旱区水资源利用方面的研究。E-mail：dl20799@yahoo.com.cn。
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

灌溉，灌水量由水表量测，记录每次灌水时间、灌水量，并在辣椒生育期内观测记载温度、降水、蒸发、风速等气象因素。试验收获后按小区测定辣果鲜产量，自然晒干后测定干产量。辣椒生育期耗水量(ET)用下式计算：

$$ET_{1-2}=10\sum_{i=1}^{n}r_iH_i(W_{i1}-W_{i2})+M+P+K-C$$

式中，ET_{1-2} 为阶段耗水量(mm)；i 为土壤层次号数；n 为土壤层次总数目；r_i 为第 i 层土壤干容重(g/cm^3)；H_i 为第 i 层土壤的厚度(cm)；W_{i1} 为第 i 层土壤在时段始的含水量(干土重的百分率)；W_{i2} 为第 i 层土壤在时段末的含水量(干土重的百分率)；M 为时段内的灌水量(mm)；P 为时段内的降雨量(mm)；K 为时段内的地下水补给量(mm)；C 为时段内的排水量(地表排水与下层排水之和)(mm)。由于民勤试验区地下水埋深在30 m以下，所以，地下水的补给量在计算作物耗水量时不予考虑，即 $K=0$；试验采用的是定点定时定量的灌水，不会产生深层渗漏，所以不考虑地下水排水量，即 $C=0$；在民勤，高强度长时间的大降雨基本很少，在计算作物耗水量时，一般将5 mm以下的降雨称为无效降雨，计算时不考虑。试验数据用Excel进行原始数据处理和制图，由DPS(v6.05)软件做相关的统计分析。

2 结果分析

2.1 辣椒施用保水剂注水移栽后水分扩散规律

各处理施用保水剂注水移栽后不同时段注水原点(土表面以下5 cm)土壤水分纵向及横向变化情况如图1和2所示。从图中可以看出，在注水播种后24 h、72 h时各处理注水原点含水量均高于其他测试点，各处理以T4最高，T3次之，其中T4局部含水量甚至高于对照处理，主要是由于注水移栽时采用适量保水剂量，使注水原点水分扩散较慢，提高了局部含水量；由于保水剂作用，各注水移栽处理注水原点周围含水量较离注水原点较远地方的含水量高，水分扩散较慢；在离注水原点较远的地方，处理T1的含水量却高于T4及T3，主要是其水分纵向和横向扩散较快，到注水72 h后处理T1注水原点含水量与纵向25 cm及横向20 cm处已差别不大。

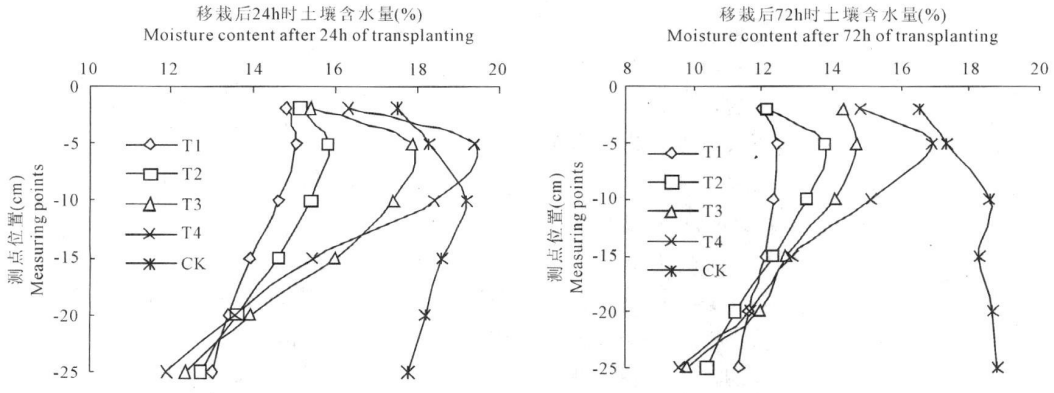

图1 注水移栽辣椒土壤水分纵向扩散情况

Fig.1 The soil water vertical change condition of pepper transplanted with water

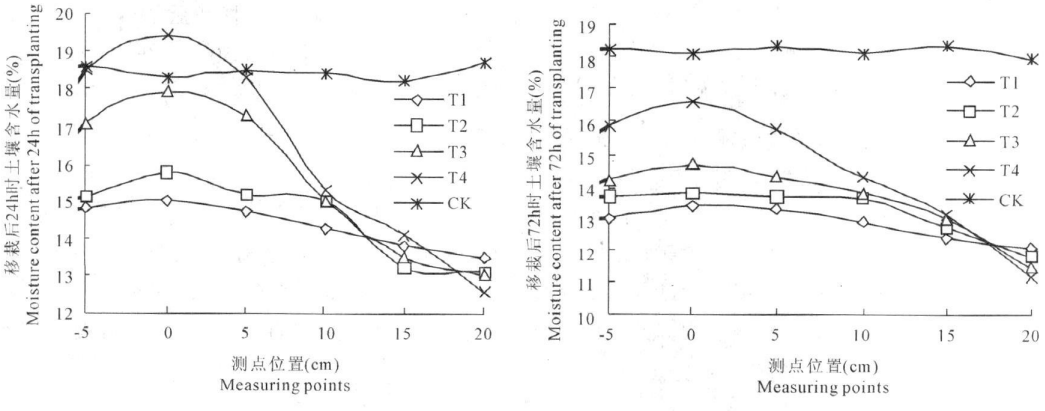

图2 注水移栽辣椒土壤水分横向扩散情况

Fig.2 The soil water transverse change condition of pepper transplanted with water

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　施用保水剂注水移栽辣椒全生育期土壤水分变化规律

根据试验结果分析各处理土壤水分的变化过程,施用保水剂能保持作物根部足够的水分含量,移栽后的各生育阶段,由于保水剂抑制了土壤蒸发,作物根区土壤均能维持较高的含水量;另一方面,保水剂不会破坏土壤结构,使得土壤有效持水孔隙比例增加,对增加灌水的入渗有一定的作用。保水剂在辣椒移栽后的保水作用较为明显,并且随保水剂施用量增大,保水效果越趋于显著。图 1 是辣椒移栽后土壤含水量全生育期变化过程,各处理在移栽前土壤含水量基本一致,移栽后由于保水剂的影响,T4 及 T3 的土壤含水量较 T1 分别提高 19.01% 和 12.39%,而 CK 由于移栽后灌水定额较大,其含水量增幅较明显,较 T1 提高 31.43%。随着灌水的实施各处理含水量逐渐变化一致,含水量之间的差距也逐渐消除,在生育旺盛期土壤含水量降低很快,耗水量增大,到收获期,随着降雨量增多,土壤含水量也有所提高。

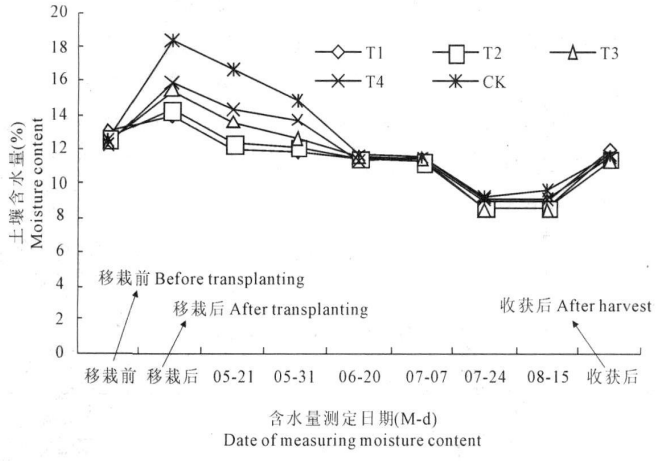

图 3　注水移栽辣椒土壤全生育期土壤水分变化规律

Fig.3　Dynamic of soil water in growth period of pepper transplanted with water

2.3　施用保水剂注水移栽辣椒全生育期耗水规律

通过田间土壤含水量的测定利用水量平衡方程计算各个阶段和全生育期辣椒的耗水量,结果如表 1 所示。各处理耗水量均呈现前期小、中期大、后期小的变化规律,各处理施用保水剂量越大,整个生育期耗水量越小,其耗水量分别为 CK:546.20 mm、T1:420.80 mm、T2:399.60 mm、T3:396.50 mm,T4:378.00 mm,T4 全生育期耗水量比 CK 减少 168.2 mm。辣椒移栽～开花期耗水强度最大,各处理最大为开花期 CK 的 5.33 mm/d,与 CK 相比最小的 T4 耗水强度较 CK 降低 37.34%;处理 T4 全生育期耗水强度为 3.41 mm/d,较对照降低 30.79%,由于施用保水剂量大,使其移栽后生长旺盛,在开花～结果期耗水量大于其它处理,而在其它生育阶段,耗水量均小于其它处理。

表 1　注水移栽辣椒耗水规律

Table 1　Water consumption of pepper transplanted with water

处理 Treatment	移栽～现蕾期 Transplanting to flower bud			现蕾～开花期 Flower bud to flowering		
	耗水量(mm) Water consumption	耗水模数(%) Phases modulus	耗水强度(mm/d) Daily water consumption	耗水量(mm) Water consumption	耗水模数(%) Phases modulus	耗水强度(mm/d) Daily water consumption
T4	69.44	18.37	4.08	123.72	32.73	3.34
T3	74.06	18.68	4.36	128.34	32.37	3.47
T2	75.60	18.92	4.45	139.12	34.81	3.76
T1	84.84	20.16	4.99	156.06	37.09	4.22
CK	82.69	15.44	4.89	197.25	36.11	5.33

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表1

开花～结果期 Flowering to fruiting			结果～成熟期 Fruiting to maturing			全生育期 Growth stage
耗水量(mm) Water consumption	耗水模数(%) Phases modulus	耗水强度(mm/d) Daily water consumption	耗水量(mm) Water consumption	耗水模数(%) Phases modulus	耗水强度(mm/d) Daily water consumption	耗水量(mm) Water consumption
123.56	32.69	3.17	61.28	16.21	3.40	378.00
126.64	31.94	3.25	67.46	17.01	3.75	396.50
112.78	28.22	2.89	72.10	18.04	4.01	399.60
115.86	27.53	2.97	64.04	15.22	3.56	420.80
183.21	33.54	4.70	83.05	15.21	4.61	546.20

2.4 施用保水剂注水移栽辣椒产量及水分利用效率

注水移栽辣椒产量及水分利用效率分析见表2～表3。结果表明,处理T4的产量及其构成因素均高于其它处理,其干辣椒产量为6 148.8 kg/hm^2,比CK增产19.73%,较CK节水30.79%,水分利用效率提高42.33%。施用保水剂可减少水分无效蒸发,对节约有限水资源有利,具有明显的抗旱节水效果。

考虑到节水、增产和提高水分利用效率的综合效应,保水剂施用量为0.3 g/穴注水移栽辣椒是既增产又节水还能提高水分利用效率的最佳处理,因此在实际生产中应采用全膜垄作沟灌注水移栽技术,同时施用适当的保水剂。

表2 注水移栽辣椒产量效应

Table 2 The yield effect of pepper transplanted with water

处理 Treatment	单株总重(g) Weight per plant	单株果数(个) Fruit number per plant	单株果鲜重(g) Fresh fruit weight per plant	单株茎鲜重(g) Fresh shoot weight per plant	单株果干重(g) Dry fruit weight per plant	单株茎干重(g) Dry shoot weight per plant	鲜产量(kg/hm^2) Fresh yield	干产量(kg/hm^2) Dry yield
T1	368	14.78	253.58	116.25	60.05	28.54	24634.4	5321.7
T2	373	15.25	258.25	114.75	58.45	28.25	23242.5	5260.5
T3	472	18.00	336.25	135.50	66.56	29.35	30262.5	5990.4
T4	538	23.25	399.50	138.00	68.32	32.75	35955.0	6148.8
CK	315	13.25	247.00	115.25	57.06	28.50	22230.0	5135.4

表3 注水移栽辣椒水分利用效率

Table 3 The water use efficiency of pepper transplanted with water

处理 Treatment	灌水量(m^3/hm^2) Irrigation water	耗水量(m^3/hm^2) Water consumption	干产量(kg/hm^2) Dry yield	节水率(%) Water-saving efficient	增产率(%) Percent increase of production	灌溉水利用效率(kg/m^3) Irrigation water use efficiency	农田水分利用效率(kg/m^3) Water use efficiency
T1	3120	4208	5183.6	22.96	0.94	1.55	1.23
T2	3120	3996	5260.5	26.84	2.44	1.69	1.32
T3	3120	3965	5990.4	27.41	16.65	1.92	1.51
T4	3120	3780	6148.8	30.79	19.73	1.97	1.63
CK	4500	5462	5135.4	—	—	1.14	0.94

2.5 施用保水剂注水移栽辣椒经济效益

辣椒移栽到收获生长时间约110 d左右,通过本试验并根据该灌区现状结合当地市场调查,对干辣椒的生产成本进行了估算(表4)。从中可以看出,施用保水剂注水移栽处理由于施用保水剂,其投入略大于对照,其中T4处理投入较对照提高1.73%,由于施用保水剂注水移栽处理产量有所提高,其中T4产出(包括干辣椒产出和秸秆产出)为23 713.2元/hm^2,净产值为13 580.8元/hm^2,投入产出比为1∶1.71,收入较对照提高18.98%。虽然施用保水剂处理增加了投入,但施用保水剂处理产量有所提高,可增收3411.9元/hm^2,投入产出比相应

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

提高,对照处理的投入最小,但产量和净产值低,投入产出比小。

表 4　注水移栽辣椒经济效益分析

Table 4　Comparison of economic benefit of pepper transplanted with water

处理 Treatment	投入 Input(元/hm²)	产出 Output(元/hm²)			净产值(元/hm²) Net output value	投产比 Convention ratio
	种子、化肥 劳力机械费 Seed,fertilizer,labor etc.	干果产出 Fruit yield	茎产出 Shoot yield	总　计 Total		
T1	7825	16587.5	1555.1	18142.6	10317.6	1:1.32
T2	7850	16833.6	1578.2	18411.8	10561.8	1:1.35
T3	7895	19169.3	1797.1	20966.4	13071.4	1:1.66
T4	7940	19676.2	2037.0	21713.2	13773.2	1:1.73
CK	7805	16433.3	1540.6	17973.9	10168.9	1:1.30

3　结论与讨论

辣椒全膜垄作沟灌注水移栽技术配合使用适当量的保水剂,可减少土面蒸发,保证根区土壤水分含量,作物根系集中分布区的土壤水分最大较对照提高 12.39%;全生育期耗水量较对照减少 168.2 mm,节水 30.79%,增产 19.73%,水分利用效率提高 42.33%,净收入提高 18.98%。该技术具明显的抗旱、节水、增产效果。在无水利设施的旱田或灌溉水源不足西北干旱、半干旱地区是一种较好的抗旱方法,应大力推广应用。但注水移栽后辣椒生长环境随之发生变化,因而其土壤水分变化及耗水规律等也受到影响,因此辣椒注水移栽条件下土壤水分变化趋势、保水剂保水及释水机理、辣椒耗水规律等还需大量的补充观测资料进行验证,注水量、不同品种保水剂对土壤水分和辣椒耗水量的影响等还需进一步研究,且随着农业水资源日益减少和节水农业的发展,进一步探讨注水移栽和其它旱作农业技术的结合是非常重要的。

参 考 文 献:

[1] 甘肃农业信息网.民勤县大力发展辣椒产业[EB/OL]. http://www.gsny.gov.cn/Sub-page /MemoHtml/memohtml.asp? ContentID=1044, 2004-10-14.

[2] 民勤网.美国红辣椒[EB/OL].http://minqin.678114.com/Html/mqsh/whtb/20090420B535C393.htm, 2009-4-20.

[3] 康绍忠,张建华.控制性交替灌溉——一种新的农田节水调控思路[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):1-6.

[4] 陈守俊,孙凤芝,耿以工.抗旱保水剂在棉花和辣椒上的应用试验[J].天津农林科技,2004,(3):7-8.

[5] 方　锋,黄占斌,俞满源.保水剂与水分控制对辣椒生长及水分利用效率的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):73-76.

[6] 白文波,宋吉青,李茂松,等.保水剂对土壤水分垂直入渗特征的影响[J].农业工程学报,2009,(2):18-23.

[7] 宋海燕,汪有科,汪　星,等.保水剂用量对土壤水分的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):33-36.

[8] 刘　冠,张新民,董平国.河西干旱区冬季免储水灌溉结合坐水种技术对春小麦出苗率和产量的影响[J].安徽农业科学,2009,(20):9426-9429.

[9] 张富仓,康绍忠.BP 保水剂及其对土壤与作物的效应[J].农业工程学报,1999,(5):74-78.

[10] 马天新,庞中存,陆秀珍.土壤保水剂在我省旱作农业上的应用展望[J].甘肃农业科技,1997,(12):31-32.

[11] Woodhouse J, Johnson M S. Effect of super absorbent polymers on survival and growth of crop seedlings[J]. Agricultural Water Management,1991,20:63-70.

[12] 冯金朝,赵金龙,胡英娣,等.土壤保水剂对沙地农作物生长的影响[J].干旱地区农业研究,1993,11(2):36-40.

[13] 丁　林,张新民,王福霞.免储水灌施用保水剂注水播种对玉米产量及其构成因素的影响[J].中国农村水利水电,2010,(2):60-63.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Experimental study on water saving technology of pepper under furrow irrigation in ridge culture with full film-covering combined with water-holding agent in arid area

DING Lin, WANG Yi-bing, LI Yuan-hong, LUO Tian-feng, LI Bin, MENG Tong-tong
(*Gansu Provincial Water Conservancy Research Institute, Lanzhou, Gansu* 730000, *China*)

Abstract: Through an experiment on water saving technology of pepper under furrow irrigation in ridge culture with full film-covering combined with water-holding agent in Minqin region during the months of May to Sept. in 2009, the soil moisture diffusion, water consumption and yield effect of pepper were tested under transplanting with water conditions. The impacts on soil moisture were analysed in matching application of water-holding agent. The result showed that in Minqin, using technology of transplanting pepper with water under furrow irrigation in ridge culture conditions and matching application of water-holding agent would increase pepper production by 19.73%, save water by 30.79%, and improve water use efficiency by 42.33%. Appropriate use of water-holding agent ccould reduce water consumption of crops, and the results were more obvious in using it in the rational range.

Keywords: transplanting with water; water-holding agent; pepper

(上接第44页)

Photosynthetic characteristics and yield of cotton under different nitrogen application rate in Southen Xinjiang

LUO Xin-ning[1], CHEN Bing[2], ZHANG Ju-song[3,4], JIANG Ping-an[2]
(1. *College of Plant Science, Tarium University, Alar, Xinjiang* 843300, *China*;
2. *College of Grassland and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumuqi, Xinjiang* 830052, *China*;
3. *College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumuqi, Xinjiang* 830052, *China*;
4. *National Cotton Research Center of Ministry of Education, Urumuqi, Xinjiang* 830052, *China*)

Abstract: Based on an nitrogen experiment under ecological condition in Southen Xinjiang, the effect of nitrogen fertilizer on photosynthentic characteristics and yield of cotton were investigated. The result showed that topdressing nitrogen rate could improve photosynthetic characteristics and the chlorophyll content of cotton, delay senescence of leaves and raise net photosynthesis rate; cotton leaves area and LAI were enhanced with reasonable N application, and LAI decreased rapidly in later stages with excessive N rate. Shedding rate of cotton stem leaf declined when N rate was 258.75 kg/hm^2. Cotton yield increased when N rate applied was among 0～258.75 kg/hm^2, and decreased until N rate applied exceed 258.75 kg/hm^2.

Keywords: cotton; nitrogen application rate; photosynthetic characteristic; yield

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net