

朱 凯,张 飞,柯福来,等. 机械化高粱芽苗形态建成及生理特性对保水剂的响应[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):161-164.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.041

机械化高粱芽苗形态建成及生理特性对保水剂的响应

朱 凯,张 飞,柯福来,王艳秋,李志华,邹剑秋

(辽宁省农业科学院创新中心,辽宁沈阳 110161)

摘要:选取机械化高粱品种辽杂 35 号为试验材料,采用保水剂(SAP)和对照(NT)2 种种子处理方式,在正常供水(100%)、75%供水、50%供水 3 种模式下对种子的萌发出苗情况、幼苗形态建成、保护酶(SOD、POD、MDA 和 CAT)活性、根系活力等生理指标进行了比较与分析。结果表明:(1)保水剂(SAP)可以显著提高萌发率、出苗率和种子活力,缩短出苗时间;出苗率在正常供水(100%供水)、75%供水和 50%供水下分别比未处理(NT)高出 3.50%、26.50% 和 80.19%;(2)土壤水分(SWC)胁迫下,SAP 促使根系伸长明显;(3)水分胁迫 13 d 至 26 d 这一阶段对叶绿素、根系活力及叶片和根系相对含水量的作用效果明显,随着胁迫时间的延长 SAP 的作用效果逐渐减弱而 SWC 作用效果逐渐增强;(4)SAP 处理下 MDA 变化最为活跃($F=182.31^{**}$),按 CAT、SOD、POD 顺序依次减弱,而在不同水分亏缺(SWC)条件下,CAT 变化最为活跃($F=103.24^{**}$)。

关键词:保水剂;机械化;高粱;芽苗期;形态建成;生理

中图分类号: S514.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0161-04

干旱是制约我国农业持续发展的重要因素,随着全球气

候条件的不断变化,发展抗旱节水农业生产已成为我国面向未来持续发展的必然趋势^[1-2]。发展节水农业,应用保水剂是近年来发展迅速的化学节水技术,保水剂又称土壤保墒剂、抗蒸腾剂、贮肥蓄药剂或微型水库,是一种独具三维网状结构的有机高分子聚合物。将其施入土壤后,不仅会改善土壤的团粒结构,还可以快速吸收土壤中多余的水分并贮存起来,缓慢释放,满足农作物生长过程中的需要。保水剂不仅有优良的保肥性能,而且施用后对改良土壤及农作物的生长十分有益,现已广泛用于干旱、半干旱地区的农业生产中^[3-5]。

高粱作为抗旱性较强的作物经常被种植在干旱、半干旱

收稿日期:2015-12-31

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAD07B02);辽宁省创新团队项目(编号:2014201008);辽宁省农业青年科技人才培养计划(编号:2015022);农业部现代农业产业技术体系项目(编号:CARS-06)。

作者简介:朱 凯(1972—),男,辽宁葫芦岛人,硕士,研究员,主要从事高粱遗传育种研究。E-mail:zhukai72@163.com。

通信作者:邹剑秋,博士,研究员,主要从事高粱遗传育种研究。Tel:(024)31023997;E-mail:jianqiuzou@126.com。

正效应;各旬日照时数对浚单 20 和浚单 29 的影响都以正效应为主,在生育前期效应相反,而在后期效应基本相同;各旬平均气温对浚单 20 和浚单 29 的影响效应基本都为正效应。因此,浚单 20 适合在降水量相对较少、日照时数相对稳定、平均气温相对稳定的地区种植,而浚单 29 则适合在降水量相对较多、日照时数相对较多、平均气温相对较高的地区种植。

参考文献:

- [1]王春乙. 重大农业气象灾害研究进展[M]. 北京:气象出版社,2007:263-280.
- [2]李苗苗,张艳玲. 夏玉米开花至灌浆期连阴雨天气对植株性状及产量结构的影响[J]. 气象与环境科学,2014,37(1):88-92.
- [3]刘 玲,沙奕卓,白月明. 中国主要农业气象灾害区域分布与减灾对策[J]. 自然灾害学报,2003,12(2):92-97.
- [4]吴春艳,李慧君,叶彩华. 北京地区玉米风灾损失定量评估模型研究[J]. 气象与环境科学,2015,38(1):114-118.
- [5]余卫东,张 弘,刘伟昌. 我国农业气象灾害评估研究现状和发展方向[J]. 气象与环境科学,2009,32(3):73-77.
- [6]魏瑞江,姚树然,王云秀. 河北省主要农作物农业气象灾害灾损评估方法[J]. 中国农业气象,2000,21(1):27-31.
- [7]成 林,张广周,陈怀亮. 华北冬小麦—夏玉米两熟区干旱特征

分析[J]. 气象与环境科学,2014,37(4):8-16.

- [8]郑冬晓,杨晓光. ENSO 对全球及中国农业气象灾害和粮食产量影响研究进展[J]. 气象与环境科学,2014,37(4):90-101.
- [9]王晓群,杨彦龙,张 宇,等. 不同生育阶段气象因子对玉米产量及构成要素的影响分析[J]. 中国农学通报,2015,31(30):68-73.
- [10]丁变红,张小伟,吴新明,等. 气象因子与五家渠地区玉米产量的关联分析[J]. 新疆农垦科技,2014(10):49-51.
- [11]房稳静,林文全. 豫南豫北夏玉米高产稳产气象因子影响的差异性分析[J]. 河南科学,2014(2):182-185.
- [12]段鹏飞,刘天学,赵春玲,等. 气象因子对河南省夏玉米产量与品质的影响[J]. 核农学报,2011,25(2):353-357,396.
- [13]任丽伟,李喜平. 播期对浚单 20 夏玉米生长状况及产量影响分析[J]. 气象与环境科学,2013,36(3):28-33.
- [14]乔江方,刘京宝,夏来坤,等. 2001—2012 年河南省夏玉米产量变化及生长季气象因子分析[J]. 中国农学通报,2014,30(36):85-90.
- [15]张睿昊,刘海军. 气象因子和土壤水分变化对河北省夏玉米产量的影响[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(4):133-136,146.
- [16]刘小雪. 河南省夏玉米干旱灾损评估与减损措施研究[D]. 南京:南京消息工程大学,2014.

地区的瘠薄土地上,同时也常因土壤水分亏缺导致出苗率低,在幼苗生长阶段因土壤水分亏缺影响幼苗的形态建成,进而使其抗旱潜力得不到充分发挥,影响产量。然而,虽然近年来很多学者对保水剂做了大量研究,在应用保水剂抗旱方面取得了一些进展^[6-9],但将保水丸剂应用于高粱抗旱播种和形态建成(尤其是对不同干旱土壤条件的影 响)方面的研究相对较少。因此,本研究采用保水丸剂处理,对不同土壤干旱水平下高粱种子的萌发、出苗以及幼苗的形态建成和生理特性进行了比较与分析,旨在探明保水丸剂在不同土壤水分亏缺条件下的作用效果,为高粱抗旱栽培提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 种子和丸衣剂制作

参试的高粱品种为辽杂 35 号,由辽宁省农业科学院国家高粱改良中心选育并提供,挑选大小一致、籽粒饱满的种子进行试验。丸衣材料采用石膏粉(粉碎细度 > 160 目);保水剂采用“白金子”颗粒型保水剂,河北省唐山博亚科技开发有限公司生产;黏着剂采用甲基纤维素(有黏性,又具备水溶性),将甲基纤维素按一定的量加入热水中,配制 20% 浓度的溶液,现配现用;按配比(种子:保水剂:微肥:丸衣材料:黏着剂:蒸馏水=50:20:5:15:15:5)搅拌制作保水丸剂,其中水的用量可根据实际情况适当调整。

2.2 试验设计

试验在辽宁省农业科学院试验基地的风干棚中进行。种子设 2 个处理:(1) 未经过任何处理的种子,作为对照,以下简称 NT;(2) 保水丸剂包裹后的种子,以下简称 SAP。采取盆栽方式,土壤为沙壤土,土壤水分设 3 个处理:(1) 正常供水(100% 供水);(2) 按正常供水量的 75% 供水;(3) 按正常供水量的 50% 供水。2 因素试验,随机区组设计,3 次重复。

2.3 测定项目与方法

种子自培养 5 d 开始每天统计发芽数,一直测到 15 d,发

芽以种子胚根达种子长,胚芽达种子长的 1/2 为标准,出苗以出苗株数达到总播种数的 50% 及以上为标准,记录从播种到出苗的时间。发芽指数(GI) = $\sum(Gt/Dt)$,其中, Gt 为第 t 天的发芽种子个数, Dt 为相应的发芽天数;活力指数(VI) = 发芽指数(GI) × 胚根鲜质量。

分别在播种后 13 d 和 26 d 对叶绿素、根系活力、形态学指标(株高、根长、地上干质量、地下干质量)、保护酶活性(SOD、POD、MDA 和 CAT)进行测定。其中叶绿素、根系活力、SOD、POD、MDA 和 CAT 均按张宪政的方法^[10]测定。

2.4 数据统计分析

采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 对数据进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 种子萌发率、出苗率、活力指数及出苗时间对保水剂的响应

3 种水分条件对种子的萌发率、出苗率、活力指数和出苗时间有较大影响,差异均达显著水平(表 1)。其中,保水剂(SAP)处理对出苗率的影响效果最为明显($F = 103.28^{**}$),SAP 处理在正常供水(100% 供水)、75% 供水和 50% 供水条件下分别比 NT 高出 3.50%、26.50% 和 80.20%。萌发率、出苗率、活力指数和出苗时间均表现出随着土壤水分亏缺的增加作用效果逐渐增大的趋势。萌发率、出苗率和活力指数在 75% 供水下 SAP 处理下比 NT 高 9.03%、26.50% 和 27.58%,在 50% 供水下 SAP 处理下比 NT 高 57.30%、80.20% 和 62.87%;出苗时间 SAP 处理比 NT 在 75% 供水和 50% 供水下分别比正常供水(100 供水)降低 16.20% 和 20.02%。说明保水剂(SAP)对种子萌发至出苗这一阶段作用效果较大,尤其在干旱土壤条件下作用效果更为明显。同时,品种处理(NT-SAP)和土壤水分(SWC)间的互作均达到了显著水平。

表 1 保水剂对不同水分条件下高粱种子萌发率、出苗率、活力指数及出苗时间的影响								
水分处理	萌发率(%)		出苗率(%)		活力指数		出苗时间(d)	
	NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP
正常供水	93.21	96.65	91.06	94.25	23.68	25.41	6.33	6.03
75% 供水	84.26	91.87	70.91	89.70	18.56	23.68	8.21	6.88
50% 供水	55.27	86.94	35.50	63.97	11.34	18.47	11.69	9.35
NT-SAP F 值	95.36 ^{**}		103.28 ^{**}		65.25 ^{**}		82.14 ^{**}	
SWC F 值	156.32 ^{**}		167.26 ^{**}		119.35 ^{**}		31.42 ^{**}	
NT-SAP × SWC F 值	35.24 ^{**}		28.13 ^{**}		65.24 ^{**}		26.12 ^{**}	

注:NT 表示未经过任何吸水剂和保水剂处理,SAP 表示经过保水剂处理,SWC 表示土壤水分含量;“*”表示 $P < 0.05$,“**”表示 $P < 0.01$ 。下表同。

2.2 保水剂对不同水分条件下高粱苗形态学性状的影响

由表 2 可以看出,保水剂(SAP)对不同土壤水分条件下高粱苗的形态指标具有较大影响,胁迫 13 d 和 26 d 的变化趋势基本一致,随着土壤水分亏缺时间的延长,作用效果略有减弱。在株高、根长、地上部干质量、地下部干质量 4 个指标中,根长受品种处理(SAP)的影响程度最大(F 值 = 103.24^{**}),说明 SAP 处理对幼苗根长具有较大的影响,尤其在干旱条件下效果最为明显,13 d 时 75% 供水和 50% 供水条件下 SAP 分别比 NT 高出 21.56% 和 34.89%,26 d 时分别高 12.89% 和

81.50%。说明在干旱条件下,SAP 可以促进根系的生长,进而提高对土壤水分的利用效率。在不同土壤水分(SWC)处理下,根长和地下部干质量受影响程度相对较大,均达到了极显著水平。品种处理(NT-SAP)和土壤水分(SWC)间的互作根长达到了显著水平,株高、地上部干质量和地下部干质量差异不显著。

2.3 保水剂对不同水分条件下相对含水量的影响

保水剂(SAP)处理对不同土壤水分(SWC)条件下叶片和根系的相对含水量都具有显著的作用效果,会明显降低叶

表 2 保水剂对不同水分条件下高粱苗形态学性状的影响

处理天数 (d)	水分处理	株高 (cm)		根长 (cm)		干质量 (mg/株)			
		NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP	地上部		地下部	
						NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP
13	正常供水	4.53	4.98	5.20	6.12	13.35	14.51	10.68	12.15
	75% 供水	2.92	3.96	4.73	5.75	8.28	10.32	9.21	11.34
	50% 供水	0.58	2.15	3.21	4.33	2.65	6.74	3.15	7.13
	LSD 0.05	1.65	1.21	2.08	0.85	2.13	2.06	1.84	1.93
26	正常供水	10.63	12.79	9.87	10.86	45.86	53.86	39.38	46.27
	75% 供水	6.07	8.97	8.84	9.98	24.14	31.26	33.75	40.64
	50% 供水	3.77	6.04	3.73	6.77	7.95	15.41	13.21	25.63
	LSD 0.05	0.56	1.54	1.66	1.03	1.35	1.68	0.96	2.14
NT - SAP <i>F</i> 值		76.37 **		103.24 **		55.25 **		73.87 **	
SWC <i>F</i> 值		102.14 **		139.85 **		106.89 **		128.54 **	
NT - SAP × SWC <i>F</i> 值		7.69		19.52 **		5.42		6.07	

片和根系的相对含水量(表 3)。胁迫 13 d 和 26 d 时的测定结果表明:除 75% 供水条件下 SAP 处理叶片相对含水量有小幅度的增加外,其他处理下均表现为根系和叶片的相对含水量随水分胁迫时间的延长而下降,同时在同一测定时期随着干旱程度的增加根系和叶片的相对含水量呈下降趋势,在 50% 供水条件下效应最为明显,下降幅度最大。SAP 对根系的影

响程度略大于叶片,在 13 d 和 26 d 时的趋势基本一致。同时,土壤水分(SWC)处理对叶片和根系的相对含水量的影响程度大于保水剂(SAP)处理。除 26 d 的根系相对含水量互作显著($F = 13.24^{**}$)外,叶片和根系相对含水量在品种和土壤水分(NT - SAP × SWC)间的互作效应均不显著。

表 3 保水剂对不同水分条件下相对含水量的影响

水分处理	叶片相对含水量 (%)				根系相对含水量 (%)			
	13 d		26 d		13 d		26 d	
	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP
正常供水	87.35	88.68	86.32	87.33	85.32	86.57	83.21	85.25
75% 供水	84.33	86.54	83.28	86.97	82.14	84.21	80.28	83.34
50% 供水	79.39	83.27	77.65	80.36	76.52	80.66	73.24	78.52
NT - SAP <i>F</i> 值	123.25 **	105.46 **	147.45 **	121.27 **				
SWC <i>F</i> 值	178.65 **	185.64 **	185.27 **	193.24 **				
NT - SAP × SWC <i>F</i> 值	5.42	7.89	6.27	13.24 **				

2.4 保水剂对不同水分条件下幼苗根系活力和叶绿素含量的影响

在不同土壤水分条件下,SAP 处理对叶绿素含量和根系活力均有较大影响,差异达极显著水平(表 4)。随着干旱程度的增大,叶绿素和根系活力均呈下降趋势,且变化趋势基本一致。播种 13 d 时,在正常供水、75% 供水和 50% 供水 3 种土壤水分条件下,SAP 处理叶绿素含量和根系活力比 NT 增加的幅度依次增大,播种 26 d 时的变化趋势与之基本一致,

同时播种 26 d 时 SWC 处理对叶绿素和根系活力的影响程度大于播种 13 d 时的测定结果。种子处理(NT - SAP)对叶绿素含量的影响程度 26 d(NT - SAP *F* 值 = 27.54 **) 小于 13 d (NT - SAP *F* 值 = 33.28 **),对根系活力的影响程度 26 d (NT - SAP *F* 值 = 53.21 **) 小于 13 d (NT - SAP *F* 值 = 65.27 **)。说明随着幼苗的生长,SAP 的作用效果逐渐减弱,而 SWC 的作用效果逐渐增强,在播种 13 d 至 26 d 这一时间段变化活跃。

表 4 保水剂对不同水分条件下幼苗根系活力和叶绿素含量的影响

水分处理	叶绿素含量 (mg/g)				根系活力 (μg/h)			
	13 d		26 d		13 d		26 d	
	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP	NT (CK)	SAP
正常供水	1.56	1.62	1.63	1.69	75.36	81.85	78.96	85.67
75% 供水	1.42	1.58	1.51	1.63	63.21	78.29	65.23	79.34
50% 供水	1.23	1.49	1.32	1.48	43.14	57.31	40.14	62.25
NT - SAP <i>F</i> 值	33.28 **	27.54 **	65.27 **	53.21 **				
SWC <i>F</i> 值	136.54 **	168.25 **	187.25 **	165.74 **				
NT - SAP × SWC <i>F</i> 值	20.28 **	6.79	22.25 **	13.24 *				

播种 13 d 和 26 d 叶绿素含量和根系活力受 SWC 处理的影响程度均高于种子处理(NT - SAP),NT - SAP 与 SWC 的交互作用(除叶绿素 26 d)均达到了显著水平。

2.5 保水剂对不同水分条件下高粱苗保护酶活性的影响

由表 5 可知,在土壤水分胁迫和 SAP 的作用下,幼苗的抗氧化保护酶活性均有较大变化。随着干旱程度的增加,

SOD、POD、CAT 和 MDA 均有不同程度的增加。其中 SAP 处理下 MDA 变化最为活跃 ($F=182.31^{**}$),其他 3 个因子依次为 CAT、SOD、POD,而在不同水分亏缺(SWC)条件下,CAT 变化最为活跃 ($F=103.24^{**}$),尤其是在干旱胁迫下,13 d 时 75% 供水和 50% 供水条件下 SAP 分别比 NT 高出 28.65% 和 19.63% (23.68% 和 4.15%,26 天)。SAP 处理下 CAT、SOD、

POD 增加,MDA 降低。SOD、POD、CAT 和 MDA 的变化受水分胁迫(SWC)的影响均小于种子处理(NT - SAP),进一步说明了 SAP 对幼苗提高抗旱性的重要作用。同时随着土壤水分胁迫时间的延长和幼苗的生长,SAP 的作用效果逐渐减弱。MDA 和 CAT 种子处理(NT - SAP × SWC)和土壤水分处理(SWC)间存在着显著的互作效应。

表 5 保水剂对不同水分条件下高粱苗保护酶活性的力的影响

处理时间 (d)	水分处理	SOD(U/g)		POD(U / (min · g)]		CAT[U/(min · g)]		MDA(μmol/g)	
		NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP	NT(CK)	SAP
13	正常供水	50.28	59.68	19.35	23.52	29.25	36.89	12.35	9.35
	75% 供水	78.68	93.25	26.86	32.69	41.36	53.21	19.87	13.56
	50% 供水	85.32	105.37	30.25	39.53	48.33	57.82	23.37	19.33
	<i>LSD</i> _{0.05}	0.86	0.33	1.24	1.65	1.46	1.17	0.69	0.77
26	正常供水	56.34	63.24	24.17	26.72	33.65	42.38	14.21	11.26
	75% 供水	80.25	99.61	29.34	35.55	45.82	56.67	22.65	17.33
	50% 供水	97.36	108.67	35.24	39.64	57.85	60.25	26.37	23.66
	<i>LSD</i> _{0.05}	0.75	0.54	1.38	1.89	1.76	1.84	1.32	1.55
NT - SAP <i>F</i> 值		132.56 **		124.58 **		157.82 **		182.31 **	
SWC <i>F</i> 值		77.58 **		59.87 **		103.24 **		86.24 **	
NT - SAP × SWC <i>F</i> 值		6.14		7.14		11.34 *		13.81 *	

3 结论与讨论

水资源越来越成为我国农业发展的重要制约因素之一,实施高效节水农业是我国农业可持续发展的必由之路^[11-13]。本研究对保水剂(SAP)在正常供水(100%)、75% 供水、50% 供水 3 种土壤水分下的作用效果分析认为:保水剂(SAP)可以显著提高高粱种子萌发率、出苗率和种子活力,缩短出苗时间,尤其对于干旱、半干旱地区有着显著的效果,可有效增加出苗率和保苗率。这与杜建军等研究的结果^[9,14]基本一致,同时,研究还发现:土壤水分(SWC)胁迫下,SAP 促使根系伸长,在水分胁迫 13 d 至 26 d 这一阶段对叶绿素、根系活力和叶片与根系的相对含水量变化影响明显,且随着胁迫时间的延长 SAP 的作用效果逐渐减弱,而 SWC 作用效果逐渐增强。这与李景生等研究的结果^[15]基本一致,而与周开芳等研究的结果^[2]存在差异,可能是保水剂种类的差异造成的,也可能是因为作物类别不同所致。同时,本研究发现保护性酶活性在保水剂(SAP)和 3 种土壤水分(SWC)下变化明显,SAP 处理下 MDA 变化最为活跃,按 CAT、SOD、POD 顺序依次减弱,而在不同水分亏缺(SWC)条件下,CAT 变化最为活跃。通过这些抗氧化保护酶活性的变化来维持植物机体的平衡,进而提高幼苗的抗逆境能力。

随着全球气候的不断变化,我国水资源会更加短缺,对保水剂进行深入性的应用研究,开发研究出适宜高粱使用的价格低廉、实用性强、性能稳定的保水剂对于提高高粱的抗旱保苗能力、促进高粱高效栽培技术的发展都具有广阔的研究和开发前景。

参考文献:

[1]赵铭钦,赵进恒,张 迪,等. 保水剂对烤烟光合特性日变化的影

响[J]. 中国农业科学,2010,43(6):1265 - 1273.
[2]周开芳,郑明强. 不同抗旱保水剂及其用量对高粱保水效果及产量的影响[J]. 贵州农业科学,2008,36(4):81 - 82.
[3]苟春林,王新爱,李永胜,等. 保水剂与氮肥的相互影响及节水保肥效果[J]. 中国农业科学 2011,44(19):4015 - 4021.
[4]刘效瑞,伍克俊,王景才,等. 土壤保水剂对农作物的增产增收效果[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(2):32 - 35.
[5]王一鸣. 保水剂在我国农业中的试验研究与应用[J]. 中国农业气象,2000,21(1):49 - 53,56.
[6]杨茂秋,王川质,刘景富. 吸水剂及其在农业上的应用[J]. 新疆农业科学,1987(4):14 - 16.
[7]李长荣,荆玉芬,朱健康,等. 高吸水性树脂与肥料相互作用的研究[J]. 北京农业大学学报,1989,15(2):187 - 192.
[8]俞满源,黄占斌,方 锋,等. 保水剂、氮肥及其交互作用对马铃薯生长和产量的效应[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):15 - 19.
[9]杜建军,苟春林,崔英德,等. 保水剂对氮肥氨挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J]. 农业环境科学报,2007,26(4):1296 - 1301.
[10]张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992:207 - 212.
[11]王 文,杨 云,崔 巍,等. 沿海地区非常规水资源开发利用方法与策略[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):1 - 4.
[12]贾 亮,王素萍,胡兆平,等. 旱地冬小麦抗旱节水技术综述[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):77 - 80.
[13]甄鸣涛,王 军. 河北省农业水资源生态补偿政策的阶段特征[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):476 - 478
[14]杜建军,王新爱,廖宗文,等. 不同肥料对高吸水性树脂吸水倍率的影响及养分吸持研究[J]. 水土保持学报,2005,19(4):27 - 31.
[15]李景生,黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J]. 中国沙漠,1996,16(1):86 - 91.