

白三叶和狗牙根混播群落 3 年间地上生物量和 种间竞争的动态

田宏^{1,2}, 陈明新^{1,2}, 蔡化^{1,2}, 王凤^{1,2}, 张鹤山^{1,2}, 刘洋^{1,2*}

(1.湖北省农业科学院 畜牧兽医研究所,湖北 武汉 430064; 2.湖北省动物胚胎工程及分子育种重点实验室,湖北 武汉 430064)

摘要:采用 2 种牧草总密度保持不变而组成种比例在 0~1 变化的替代试验法,设白三叶 100%(A)、白三叶 75% + 狗牙根 25%(B)、白三叶 50% + 狗牙根 50%(C)、白三叶 25% + 狗牙根 75%(D)、狗牙根 100%(E) 5 种处理,研究混播组合播种后 3 年的地上生产力和种间竞争动态。结果表明:建植第 1 年,3 种混播组合的地上生物量高于 A 处理(2.078 kg/m²),但不及 E 处理(4.406 kg/m²);试验第 2、第 3 年,混播组合的全年地上生物量均显著高于单播处理($P < 0.05$);连续 3 年的地上生物总量以 C 处理最高,达 17.72 kg/m²,与其他各处理差异显著($P < 0.05$);播种后 3 年中的各年前期,混播组合的地上生物量主体为白三叶,白三叶和狗牙根占有不同的生态位,表现出共生关系,但白三叶的竞争能力大于狗牙根;随着时间的推移,狗牙根逐渐成为地上生物量主体,2 种牧草出现拮抗作用,狗牙根的竞争能力大于白三叶,最终整个群落变为以狗牙根为优势种的草地。

关键词:白三叶;狗牙根;混播群落;地上生物量;种间竞争

中图分类号:S541^{+.2};S543^{+.9} 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2011)03-0295-07

Three year study of above-ground biomass and interspecific competition of *Trifolium repens* and *Cynodon dactylon* mixed community

TIAN Hong^{1,2}, CHEN Ming-xin^{1,2}, CAI Hua^{1,2}, WANG Feng^{1,2}, ZHANG He-shan^{1,2}, LIU Yang^{1,2*}

(1.Institute of Poultry and Veterinarian, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China; 2.Hubei Province's Key Laboratory for Animal Embryo Engineering and Molecular Breeding, Wuhan 430064, China)

Abstract: From 2005 to 2007, mixed community of white clover and bermudagrass were observed to investigate the above-ground biomass and inter-specific competition dynamics of the mix-sowed forage grasses. With the total density of the forage grasses unchanged, five seeding treatments were carried out, namely, treatment A (white clover, 100%), treatment B (white clover, 75%; bermudagrass, 25%), treatment C (white clover, 50%; bermudagrass, 50%), treatment D (white clover, 25%; bermudagrass, 75%) and treatment E (bermudagrass, 100%). The results indicated the aboveground biomass of the 3 mixture treatments (B, C and D) were all higher than that of treatment A (2.078 kg/m²), but less than that of treatment E (4.406 kg/m²) in 2005 and the yields of 3 mixture treatments were all higher than that of treatments A and E in 2006 and 2007. The aboveground biomass of treatment C was the maximum (17.72 kg/m²) and was significantly different from other treatments ($P < 0.05$) in 3 years. During the trial, white clover was the main grass in the early period of the each year. And in this period of time white clover and bermuda grass occupied different ecological niches and showed a symbiotic relationship with the competitive ability of white clover stronger than that of bermuda grass. Then, bermuda grass gradually became the main grass in all mixed grassland and the 2 forage grasses showed antagonistic action and the competitive ability of bermuda grass was stronger than that of white clover. At last, Bermuda grass became

收稿日期:2010-11-26

基金项目:农业部项目(070401);湖北省财政专项(200730);湖北省动物胚胎工程及分子育种重点实验室开放课题(2010ZD200~299)

作者简介:田宏(1978—),女,陕西周至县人,硕士,助理研究员,主要从事牧草种质资源保护和育种研究,thdzq@126.com;*通信作者,liuyang430209@163.com

the dominant species of the mixed community.

Key words: *Trifolium repens*; *Cynodon dactylon*; mixed community; biomass; interspecific competition

狗牙根(*Cynodon dactylon*)广泛分布于热带、亚热带和温带沿海地区,在中国广泛分布于黄河以南各地。狗牙根多用作草坪草进行城镇绿化或水土保持,但在美国西部和印度被认为是最重要的牧草,是建植永久性牧场有价值的草种^[1]。白三叶(*Trifolium repens*)早在16世纪后期被荷兰首先栽培,现广泛分布于温带地区^[1],其再生性好,耐践踏,属放牧型牧草,在湖北是草地改良和人工放牧地建植的当家草种。目前,关于禾本科和豆科牧草混播竞争的研究很多^[2-6],但关于狗牙根和白三叶混播的研究^[7]甚少。在美国,狗牙根和三叶草属植物,如白三叶、降三叶、箭叶车轴草等混播很常见^[8-9]。在湖北的草山、草坡经常可见狗牙根和白三叶的混合群落。狗牙根和白三叶能否持久共存,其竞争关系如何还缺乏研究。笔者对此进行研究,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试牧草

鄂牧1号白三叶(*Trifolium repens* L. cv. Emu No.1)为湖北省农业科学院畜牧兽医研究所选育的抗旱、耐热新品种,1997年通过国家牧草品种审定委员会审定。

鄂引3号狗牙根(*Cynodon dactylon* L. cv. Emu No.3,原名“SS-16×SS-21”狗牙根)为牧草型狗牙根品种,1987年从美国引进,在长江流域生长良好,抗旱、耐热能力强,产草量高,2010年4月通过国家草品种审定委员会审定。

1.1.2 供试土壤

试验地经度114°10',纬度30°18',海拔高25.7~31.3 m;土壤为丘陵岗地黄土,结构性差,保水、保肥能力差;土壤有机质含量1.86%,全氮含量0.14%,碱解氮含量91.8 mg/kg,全磷含量302 mg/kg,速效磷含量18.0 mg/kg,全钾含量1.21%,速效钾含量88.3 mg/kg,pH为4.92。

1.2 试验设计

试验于2005—2007年在湖北省武汉市江夏区

金水闸畜牧兽医研究所进行。2005年,在白三叶和狗牙根2种牧草返青后,选健壮、带2~3个节的茎进行无性繁殖,移栽后及时浇水。

采用2种牧草总密度保持不变而组成种比例在0~1变化的替代试验法^[10]。共设5个组合:白三叶100%(A)、白三叶75%+狗牙根25%(B)、白三叶50%+狗牙根50%(C)、白三叶25%+狗牙根75%(D)、狗牙根100%(E)。考虑到白三叶和狗牙根的播种时间不一致,试验采用无性繁殖,混播比例按无性繁殖植株数计算。混播和单播密度相同,均为16株/m²。混条播,株行距均为25 cm,小区面积12 m²。随机区组排列。重复3次。2005年4月5日移栽白三叶,每天浇水1次;15日视情况补苗1次。2005年5月11日移栽狗牙根,6月8日补苗1次。期间人工除杂若干次。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 地上生物量的测定

在2种牧草生长基本一致,高度达30~40 cm时开始刈割。留茬高度4~6 cm。每小区取样1 m×1 m,3次重复。测定鲜重后,充分混合样品,取2份500 g的混合样,一份用来测狗牙根、白三叶和杂草的干重(将狗牙根、白三叶和杂草分开,分别称其鲜重,再于65~70℃烘至恒重后,称重),另一份用来测混合样干重(直接在65~70℃烘至恒重后称重)。待各小区牧草群落高度再次达到约40 cm左右时进行第2次刈割,取样方法及鲜、干重测定方法同第1次。全年地上生物总量为第1次刈割产量和再生草产量之和。具体刈割时间见表1。

表1 2005—2007年牧草刈割日期

Table 1 Forage cutting date from 2005 to 2007

年份	刈割日期					
	第1次 (T ₁)	第2次 (T ₂)	第3次 (T ₃)	第4次 (T ₄)	第5次 (T ₅)	第6次 (T ₆)
2005	06-23	07-26	09-12	10-11	11-24	
2006	03-27	04-19	05-17	06-12	07-24	09-06
2007	04-27	06-07	07-18	09-12		

1.3.2 种间竞争测定

在替代试验中,相对总生物量(RYT)是衡量混播组合间竞争力的重要指标^[11]。RYT=Y_{SV}/Y_{SS}+Y_{VS}/Y_{VV},其中,S、V 分别表示白三叶和狗牙根 2 种牧草,Y_{SV}为混播时 S 的生物量,Y_{VS}为混播时 V 的生物量,Y_{SS}为单播 S 的生物量,Y_{VV}为单播 V 的生物量。当 RYT>1 时,植物占有不同的生态位,利用不同的资源,表现出一定的共生关系;当 RYT=1 时,植物种间利用共同的资源;RYT<1 时,植物间呈相互拮抗关系。本试验在各年每次刈割时均进行 RYT 测定,根据各处理中 2 种牧草的干重及混合样干重,计算混播组合的 RYT 值。

相对总生物量仅能反映植物种间在资源利用上的不同,却不能有效说明植物之间竞争力的大小;因此,本试验采用竞争率(competition ratio, CR_S)^[13]来研究混播群落中 2 种牧草竞争力的大小。CR_S=(Y_{SV}/Y_{SS}·Z_{SV})/(Y_{VS}/Y_{VV}·Z_{VS}),其中,Y_{SV}、Y_{SS}、Y_{VS}、Y_{VV}表示的内容同上,Z_{SV}为混播中 S 的混播比例,Z_{VS}为混播中 V 的混播比例。当 CR_S>1 时,表示 S 的竞争力大于 V;当 CR_S=1 时,表示 S 和 V 的竞争力相同;当 CR_S<1 时,表示 S 的竞争力小于 V。CR_S的测定也是在每次刈割后取样进行,用取样干重计算。}}}}

1.4 数据分析

用 DPSV6.55 统计软件对数据进行方差分析,用 Excel 2003 作图。

2 结果与分析

2.1 2005—2007 年各播种组合的地上生物量

2.1.1 2005 年的地上生物量

由表 2 可知,单播处理 A 最高产草量(0.972 kg/m²)出现在第 1 次刈割,占全年地上生物总量的 46.78%;单播处理 E 的最高产草量(1.788 kg/m²)出现在第 2 次刈割;混播组合 B、C、D 的地上部生物量均以 9 月刈割时最高,分别为 1.084、1.294、1.358 kg/m²,占各自全年地上生物总量的 28.00%、31.20%和 39.00%;混播组合 B、C、D 的全年地上生物总量以 C 组合最高,达 4.147 kg/m²;混播组合 B、C、D 全年地上总生物量均显著高于单播组合

A(P<0.05),但不及单播组合 E。

表 2 各年不同播种组合的地上生物量

Table 2 Aboveground biomass of the different treatments in different years

年份	组合	地上生物量						合计
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
2005	A	0.972	0.715	0.046	0.071	0.274		2.078e
	B	0.876	0.711	1.084	0.783	0.418		3.872c
	C	0.985	0.801	1.294	0.734	0.333		4.147b
	D	0.667	0.744	1.358	0.528	0.185		3.482d
	E	0.528	1.788	1.382	0.523	0.185		4.406a
2006	A	2.137	1.617	1.128	0.951	0.308	0.000	6.141d
	B	0.933	1.730	1.526	1.377	1.044	1.223	7.833a
	C	0.421	1.571	1.554	1.531	1.088	1.130	7.295b
	D	0.188	1.122	1.491	1.412	1.147	1.033	6.393c
	E	0.000	0.237	0.340	0.350	0.684	0.860	2.471e
2007	A	0.075	0.651	0.234	0.000			0.960d
	B	1.511	1.800	1.150	1.280			5.741b
	C	2.183	1.651	1.124	1.320			6.278a
	D	1.967	1.914	1.060	1.343			6.284a
	E	0.357	0.622	0.672	1.440			3.091c

2.1.2 2006 年的地上生物量

播种后第 2 年,白三叶和狗牙根均处于生长旺盛期。处理 A 在第 1 次刈割时地上生物量比 2005 年全年总产量还高,达 2.137 kg/m²,但全年地上生物量呈下降趋势;处理 E 全年生物总量变化较 2005 年下降较多,仅为 2.417 kg/m²,较 2005 年总产量减少了 43.9%。混播组合 B、C、D 的全年地上生物总量均在本年度达整个试验期间的最高值,分别为 7.833、7.295、6.393 kg/m²,高于处理 A 和 E,差异达显著水平(P<0.05)。3 个混播组合中,B 组合的全年产草量最高,分别是单播白三叶和单播狗牙根的 1.28、3.17 倍。

2.1.3 2007 年的地上生物量

播种后第 3 年,单播白三叶生长受阻较大,地上生物量急剧减少,全年总产草量仅占同处理 3 年总产量的 10.46%。单播狗牙根全年地上生物总量比 2006 年有所升高,变化趋势与 2006 年一致,呈上升趋势,但刈割次数明显减少,仅为 4 次。混播草地 B、C、D 组合全年地上生物总量与单播处理 A、E 的差异均达显著水平(P<0.05)。3 种混播

组合中,D处理的全年地上生物总量最高,但与C处理差异不显著。

2.1.4 播种后3年的地上生物总量

由图1可见,无论以哪种比例混播,白三叶和狗牙根混播组合3年的地上生物总量均极显著高于单播处理3年的地上生物总量($P < 0.01$),其中,组合C的地上生物总量(17.72 kg/m^2)最高,其次为组合B,组合A最低,为 9.18 kg/m^2 。

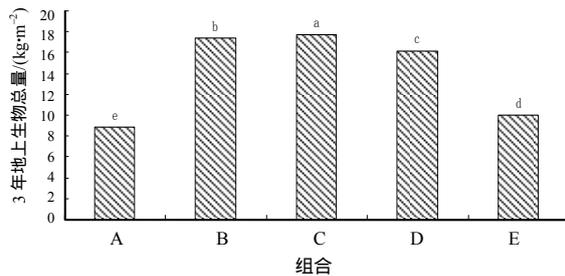


图1 各播种组合播种后3年的地上生物总量

Fig.1 Total aboveground biomass of the different treatments in 3 years

2.2 2005—2007年各播种组合的地上生物量构成

2.2.1 2005年各组合的地上生物量构成

由表2可知,2005年,白三叶在混播组合B、C、D地上生物量中所占比例均呈下降趋势,其中,D组合7月仅为11%,到9月,在B、C组合中不足5%;狗牙根所占比例呈上升趋势,在第1次刈割时,B、C、D组合中狗牙根比例分别为17%、32%和39%,但到最后一次刈割时,C、D组合中狗牙根比例高达100%,B组合也有81%。杂草对3个混播组合的危害主要在第2次刈割期间,D组合受危害较重,杂草比例高达45%,但到第3次测产,3个组合中杂草所占比例均有所下降。处理A在第3、第4次刈割时受杂草危害是所有处理中最严重的,杂草在地上生物量构成中达97%以上;相反,处理E受杂草危害最轻。

表3 2005—2007年各播种组合地上生物量的构成

Table 3 Proportion of aboveground biomass of the different treatments in 3 years

年份	组合	白三叶生物量比率						狗牙根生物量比率						杂草生物量比率						
		T ₁		T ₂		T ₃		T ₁		T ₂		T ₃		T ₁		T ₂		T ₃		
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
2005	A	100	100	3	1	76		0	0	0	0	0		0	0	97	99	24		
	B	83	51	1	0	19		17	29	75	94	81		0	20	24	6	0		
	C	68	20	3	4	6		32	54	89	95	100		0	26	8	1	0		
	D	61	11	0	0	0		39	44	78	95	100		0	45	22	5	0		
	E	0	0	0	0	0		100	98	91	99	100		0	2	9	1	0		
2006	A	95	89	87	71	24	0	-	-	-	-	-		5	11	13	29	76	100	
	B	82	81	81	80	8	0	11	13	18	20	79	100	4	6	1	0	13	0	
	C	80	76	80	80	11	0	18	15	19	19	74	100	2	9	1	1	15	0	
	D	70	65	73	78	24	0	25	20	25	2	62	100	15	15	2	1	14	0	
	E	-	-	-	-	-	-	-	78	68	38	71	100	-	22	32	62	29	0	
2007	A	20	42	6	0			-	-	-	-			80	58	94	100			
	B	70	51	8	0			29	39	86	100			1	10	6	0			
	C	63	41	7	0			34	45	88	100			3	14	5	0			
	D	43	52	14	0			45	39	83	100			1	9	0	0			
	E	-	-	-	-			17	34	63	100			83	66	37	0			

“-”示没有进行构成比例测定,因为在其他处理刈割时该处理还未返青。

2.2.2 2006年各处理的地上生物量构成

在2006年6月之前,B、C组合白三叶在地上生物量中所占比例变化不大,均在80%左右,D组

合稍低(65%~78%);到7月,3种组合中白三叶比例急剧下降,B组合仅有8%;到9月,3种混播草地中白三叶消失。3种混播组合狗牙根在地上生物

量中所占比例与之相反,在第 4 次刈割后呈急剧上升趋势,到 9 月,地上生物量的构成全为狗牙根。杂草在 3 种混播组合中所占比例比单播白三叶和狗牙根较低,A 中杂草所占比例呈上升趋势,尤其在 9 月,杂草比例达 100%。处理 E 在 6 月之前受杂草危害是所有处理中最严重的,第 4 次杂草比例达 62%,但随后杂草比例下降,到 9 月基本消失。

2.2.3 2007 年各组合的地上生物量构成

2007 年,B、C、D3 个组合在生长前期仍由白三叶构成群落主体。第 2 次刈割时(6 月初),3 种组合白三叶在地上生物量中所占比例分别为 51%、41%和 52%,但之后开始下降,B、C 组合在第 3 次刈割时白三叶的比例小于 10%,与 2006 年相一致;狗牙根在 6 月后呈急剧上升趋势,到 9 月,所有混播组合狗牙根比例达 100%。3 种混播组合在本年度相比单播处理受杂草危害程度较轻。处理 A 与 2006 年相同,受杂草危害较大,在第 3 次刈割时杂草比例高达 94%,到第 4 次刈割时全被杂草所代替;处理 E 中杂草比例呈减少趋势,到最后一次刈割,杂草基本消失。

2.3 不同混播组合的种间竞争

2.3.1 相对总生物量的变化

在混播群落中,由于豆科牧草和禾本科牧草占有的生态位不同,因此对环境中的光、热、水和土壤养分的利用也不同。由于环境资源的有限性,牧草间必定存在着激烈的竞争。种间竞争通过影响草种在混播群落中的作用与地位,从而影响其生产能力。2005 年,白三叶比例占 75%的 B 组合除在第 2 次刈割时 *RYT* 值小于 1 外,其他时间均大于 1(表 4),说明 2 种牧草移栽成活后,白三叶和狗牙根占有不同的生态位,对资源的利用表现出共生关系,但随气温的升高,到 7 月白三叶和狗牙根在对资源的利用上发生了拮抗作用,随着外界气温的下降,白三叶恢复生长,2 种牧草又表现出共生关系。随着白三叶在混播组合 C 处理中比例的下降,2 种牧草对资源的利用表现出了差异,在前 4 次刈割时和 B 组合规律一致,但到第 5 次时,2 种牧草由共生关系转化为竞争关系。在狗牙根比例占主导地位的 D 组合中,这种竞争关系愈加明显,自第 2 次刈割开始就一直表现为激烈的种间竞争。

表 4 2005—2007 年各混播组合的相对总生物量和种间竞争率

Table 4 Relative yield total (*RYT*) and competitive ratio of mixed community in 2005 to 2007

年份	组合	相对总生物量						白三叶的种间竞争率						狗牙根的种间竞争率					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
2005	B	1.05	0.77	1.39	1.06	1.19		5.06	6.5	3.12	0.05	0.70		0.12	0.16	0.32	2.16	1.44	
	C	1.12	0.92	1.25	1.00	0.95		2.11	0.46	2.54	0.12	0.26		0.48	2.16	0.40	2.16	1.68	
	D	1.06	0.64	0.74	0.94	0.81		0.48	0.04	0.01	0.10	0.32		2.05	5.46	6.85	3.56	2.57	
2006	B	1.17	1.08	1.01	0.95	0.87	0.83	11.00	9.80	10.2	0.54	0.23	0.16	0.03	0.09	0.10	3.84	4.50	5.10
	C	1.25	1.05	1.03	0.76	0.95	0.78	4.65	2.23	2.40	0.35	0.16	0.12	0.21	0.45	0.42	5.12	6.31	6.53
	D	1.06	1.03	0.98	0.90	0.81	0.75	2.05	0.46	0.89	0.39	0.16	0.11	0.75	2.13	1.34	4.56	6.31	6.43
2007	B	1.18	0.82	0.76				1.10	0.97	0.2				0.75	1.03	5.04			
	C	1.12	0.89	0.92				1.08	0.53	0.15				0.87	1.90	31.56			
	D	0.89	0.94	0.99				0.32	0.19	0.03				2.75	3.67	50.03			

2007 年最后一次刈割(T₆)时所有混播草地均为狗牙根,因此没有测定数据。

2006 年 3 月至 5 月,B、C 组合的 *RYT* 值均大于 1;6—9 月小于 1,说明 2 种牧草在前期有着不同的生态位,后期则生态位重叠,二者关系由共存变为竞争。D 组合比 B、C 组合竞争来得更早,5 月就已开始。

2007 年,B、C 组合在 6 月之后 *RYT* 小于 1,而 D 组合在本年度一直表现为拮抗作用。

2.3.2 种间竞争率的变化

综合分析 3 年数据,结果表明,B 组合在 2005

年6、7和9月3次刈割时,白三叶的竞争能力均大于狗牙根;2006年,白三叶的竞争能力在4—5月大于狗牙根;2007年,仅在4月白三叶的竞争能力大于狗牙根;3年试验的其他时间均表现为狗牙根的竞争能力大于白三叶。C组合不同时间2种牧草的竞争能力与B组合几乎一致,但D组合在2005—2007年均表现为狗牙根的竞争能力大于白三叶。另外,随着试验时间的延长,白三叶和狗牙根的竞争关系越来越剧烈,各混播草地中白三叶的种间竞争率急剧下降,甚至消失,而狗牙根种间竞争率的变化趋势与白三叶相反,混播草地演变为以狗牙根为优势种的群落。

4 结论与讨论

本试验结果表明:

1) 试验期间,白三叶和狗牙根混播组合的地上生物总量均显著高于单播处理白三叶和狗牙根($P < 0.05$),其中,50%白三叶与50%狗牙根混播的最高,达 17.72 kg/m^2 。5种处理中,单播白三叶地上生物总量最低,为 9.18 kg/m^2 。

2) 在每年6月之前,白三叶和狗牙根混播组合中,白三叶地上生物量所占比例较高,随后呈下降趋势;狗牙根在地上生物量中所占比例呈上升趋势;2007年9月,3种混播组合狗牙根所占比例达100%。

3) 在每年5月之前,白三叶和狗牙根占有不同生态位,表现出共生关系,白三叶的竞争能力比狗牙根高。之后,2种牧草生态位重叠,种间竞争激烈,狗牙根的竞争能力大于白三叶,且随着牧草生长年限的延长,混播草地逐渐变为以狗牙根为优势种的群落。

植物竞争是生态学研究的重要领域,生态位理论被认为是最早解释竞争的理论,种内竞争导致生态位分离,种间竞争导致生态位重叠程度增加^[14]。Grime^[15]和Tilman^[16]的竞争理论引起了生态界的普遍关注。Grime模型将植物分为竞争型、容忍型和干扰容忍型,干扰与胁迫程度共同决定物种在生境三角形连续体中的位置^[15]。Tilman从植物利用资源的角提出了“资源利用比率”理论^[16]。关于种

间竞争研究方法目前有添加试验、取代试验、添加系列试验和领域试验,但总的来说,在草本植物竞争系列研究中以de Wit^[10]和Grime^[15]的方法和理论较为成熟,被大多数学者所接受。本试验方法的实际运用效果较好。

白三叶与禾本科优良牧草,如黑麦草、鸭茅、苇状羊茅等混播在中国南方亚热带地区屡见不鲜,但经常出现由于栽培植物的相互竞争而造成群落组成比例和生产力不稳定的现象,对此,有人^[16]认为这是入侵杂草具有天然的强竞争能力,使栽培牧草在竞争中处于劣势而逐渐衰退所致,也有人^[18]认为是人工草地利用过度或过轻造成栽培牧草逐渐消失并发生逆行演替所致。Grime认为,植被生长状况主要受竞争、胁迫(如温度、肥力、水分、光照等限制因子)和干扰(如放牧、刈割、践踏、病虫害、水土流失、人为影响等)3个方面的综合影响,植物的竞争是决定群落性质的主要因素,而植物的竞争能力又受到胁迫和干扰因子的制约。本试验中,白三叶和狗牙根共处的外界条件基本相同,造成白三叶竞争能力逐渐下降的原因与2种植物生长、耐干扰(刈割)的能力有很大关系。白三叶生长的最适温度为 $19 \sim 24 \text{ }^\circ\text{C}$,狗牙根为 $20 \sim 32 \text{ }^\circ\text{C}$,在气温较低的春、秋季,甚至冬季,白三叶生长良好,而在气温较高的夏季,白三叶受高温影响而进入生长滞缓期。狗牙根属暖季型植物,在炎热夏季生长受阻较小。这与Goldberg^[19]的研究结果一致。植物特征强烈影响了竞争反应和竞争效应,决定了各种植物在等级中的地位^[19]。

在无灌溉条件下,随着高温干旱的来临,植株间的竞争往往是根系的竞争,而根系竞争对白三叶的影响最大,固氮能力明显下降,从土壤中获取氮的含量也明显少于禾本科,使其竞争力减弱^[20]。随水分条件的改善,三叶草的竞争能力明显增强^[21]。刈割是直接影响本试验2种牧草竞争能力的一个因素。刈割次数增加明显降低白三叶的竞争系数,尤其在水分不足的情况下。这与其他学者^[22]的研究结果一致。

参考文献:

- [1] 怀特 R O ,莫伊尔 T R G ,库珀 J P .禾本科牧草[M] .北京:中国农业科学技术出版社,1988:282-283 .
- [2] 王跃东 .三叶草[M] .昆明 :云南科学技术出版社 ,2000 :4-18 .
- [3] 马春晖,韩建国,李鸿祥,等.冬牧 70 黑麦和箭舌豌豆混播草地生物量、品质及种间竞争的动态研究[J] .草业学报,1999,8(4):56-64 .
- [4] 杨春华,李向林,张新全,等.扁穗牛鞭草和红三叶混播草地生物量及种间竞争的动态研究[J] .四川农业大学学报,2006,24(1):32-36 .
- [5] 马春晖,韩建国,李鸿祥,等.一年生混播草地生物量和品质以及种间竞争动态研究[J] .草地学报,1999,7(1):62-70 .
- [6] 沈禹颖,李昀,陆妮.4 种牧草种间竞争力和种间关系的研究[J] .草业学报,2002,11(3):8-11 .
- [7] 田宏,刘洋,蔡化,等.白三叶和狗牙根混播群落种间竞争的动态研究[J] .中国草食动物,2008,28(3):45-47 .
- [8] 赖志强.适于热带亚热带地区种植的优良牧草狗牙根新品种[J] .国外畜牧学——草原与牧草,1989(3):1-5 .
- [9] 鲍尔 D M ,郝福兰 C S ,莱斯菲尔德 G D .南方牧草[M] .李向林,译.北京:中国农业出版社,2001:102-109 .
- [10] De wit C T .On Competiton [M] .Monogr :(reperi.) Evol ,1986:1-82 .
- [11] Wilson J B . Shoot competition and root competition [J]. Journal of Applied Ecology ,1988,25:279-296 .
- [12] Harper J L . Population Biology of Plants[M] . London : Academic Press ,1977:136-194 .
- [13] Jonathan W S . Introduction to Plant Population Ecology [M] . New York : Longman ,1982:147-155 .
- [14] Bolnick D I . Intraspecific competition favours niche width expansion in *Drosophila melanogaster*[J] . Nature ,2001,410:463-466 .
- [15] Grime J P . Vegetation classification by reference to strategies[J] . Nature ,1974,250:26-31 .
- [16] Tilman D . Resource Competition and Community Structure Monographs in Population Biology[M]. Princeton , NJ : Princeton University Press ,1982:20-65 .
- [17] 黄文惠.南方山区人工草地建设[J] .中国草地,1992(1):17-21 .
- [18] 任继周,蒋文兰.贵州山区人工草地退化与改良研究[J] .草业科学,1987(6):13-17 .
- [19] Goldberg D E , Landa K . Competitive effect and response : Hierarchies and correlated traits in the early stages of competition[J] . Journal of Ecology ,1991,79:1013-1030 .
- [20] Ennik G C . The competition between white clover and perennial ryegrass under different conditions of light intensity and moisture supply[J] . Mededeling , Institut Voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen ,1960,109:37-50 .
- [21] Wikinson S R , Gross C F . Competition for light , soil moisture and nutrients during Ladino clover establishment in orchard grass sod [J] . Agronomy Journal ,1964,56:389-392 .
- [22] 钟华平,樊江文,胡中民,等.白三叶种间竞争与草地数量化管理指数的关系[J] .草业学报,2006,15(4):21-29 .

责任编辑:王赛群

(上接第294页)

- [6] Palmer K L ,Thornton A C ,Fortney K R ,et al. Evaluation of an isogenic hemolysin-deficient mutant in the human model of *Haemophilus ducreyi* infection[J]. J Infect Dis ,1998,178:191-199 .
- [7] Meike S ,Nina B. Identification of novel potential virulence-associated factors in *Haemophilus parasuis*[J]. Vet Microbiol,2009,136:382-386 .
- [8] Oliveira S , Galina L , Pijoan C. Development of a PCR test to diagnose *Haemophilus parasuis* in fections[J]. Vet Diagn Invest ,2001,13(6):495-501 .
- [9] Bhakdi S ,Griminger F ,Suttorp N ,et al. Proteinaceous bacterial toxins and pathogenesis of sepsis syndrome and septic shock :The unknown connection[J]. Med Microbiol Immunol ,1994,183:119-144 .
- [10] Dutro S M ,Wood G E ,Totten P A. Prevalence of antibody response to and immunity induced by *Haemophilus ducreyi* hemolysin[J]. Infect Immun ,1999,67:3317-3328 .
- [11] Rapp-Gabrielson V J , Gordon J K , Jeffrey T C , et al. *Haemophilus parasuis* : Immunity in swine after vaccination [J]. Vet Med ,1997,92:83-90 .

责任编辑:王赛群