

荫蔽胁迫对不同绿豆品种生物学性状及产量的影响

胡卫丽, 朱旭*, 杨厚勇, 许阳, 杨鹏程 (南阳市农业科学院, 河南南阳 473000)

摘要 [目的]研究荫蔽胁迫对不同绿豆品种生物学性状及产量的影响。[方法]以冀绿7号、冀绿10号、中绿5号、中绿11号、保绿942为供试材料,以绿豆常规种植为对照,通过玉米/绿豆间作创造荫蔽环境,研究荫蔽胁迫对5个绿豆品种物候期、农艺性状、荚部性状、产量的影响。[结果]荫蔽胁迫对绿豆的生育进程有一定的影响,出苗到开花期呈提前的趋势,而开花到成熟出现延后的现象;荫蔽胁迫使绿豆株高降低,主茎节数和分枝数减少,茎粗变细,底荚高度上升,单株荚数、荚长、单荚粒数出现较大幅度下降,但对荚宽和百粒重影响不显著;通过对高产品种生物学性状变化的共性分析发现,主茎分枝数变动幅度与绿豆产量存在一定相关性,主茎分枝数反应敏感的品种,自我调节能力较强,比较耐荫蔽,适合间作。[结论]主茎分枝数的变动可作为判定绿豆对荫蔽胁迫适应能力的一个重要指标。

关键词 荫蔽胁迫;绿豆;生物学性状;产量

中图分类号 S522 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)01-0060-04

Effects of Shading Stress on the Biological Traits and Yield of Different Mung Bean Varieties

HU Wei-li, ZHU Xu*, YANG Hou-yong et al (Nanyang Academy of Agricultural Sciences, Nanyang, Henan 473000)

Abstract [Objective] To research the effects of shading stress on the biological traits and yield of different mung bean varieties. [Method] Taking mung bean varieties Jilu 7, Jilu10, Zhonglu 5, Zhonglu 11 and Baolu 942 as the tested materials, and mung bean in conventional cultivation as the control, we researched the effects of corn/mung bean intercropping shading stress on the phenological periods, agronomic traits, pod characters and yields of five mung bean varieties. [Result] Shading stress had certain impacts on the growth process of mung beans. It appeared a tendency that the days from emergence to flowering period was brought forward in five mung bean varieties. On the contrary, the days from flowering to mature period prolonged. Shading stress reduced plant height, decreased node number and branch number, made stem diameter thinner than before, and enhanced the height of the bottom pod number. But the pod number, pod length, and grain number per pod declined. Effects on pod width and 100-grain weight were not significant. Commonality analysis of the biological traits changes of high-yield varieties showed that there was a certain correlation between the changes of main stem branching number and mung bean yield. Varieties which had sensitively reaction in main stem branching number were stronger in self-adjustment ability, and more resistant to shading, so they were suitable to be planted for intercropping. [Conclusion] The changes of main stem branching number can be used as an important indicator to determine whether the variety had the ability to adapt to shading stress.

Key words Shading stress; Mung bean; Biological traits; Yield

绿豆是重要的粮食、蔬菜和药用作物^[1],具有适应性强、耐贫瘠、耐荫蔽、耐干旱等优良特性^[2]。作为我国的特色农业产品,绿豆具有很高的经济价值,在高产、高效及可持续发展农业生产中具有广阔的应用前景^[3]。间作技术是一项提高农作物产量的重要栽培技术^[4],但在当前的生产实践中仍存在一些问题。玉米/绿豆间作系统中,绿豆面临的主要问题在于玉米对光的吸收造成绿豆的光环境发生明显改变,有效光合辐射减少。绿豆始终处于荫蔽胁迫下,干物质积累向地下部分分配减少,根系生长受到抑制,影响植株对土壤养分和水分的吸收,进而导致产量降低^[5]。而且生产上间作套种采用的绿豆品种类型较多,存在生育期偏长、结荚不集中、抗病性和耐阴性差、产量低等问题^[6]。鉴于此,该试验以冀绿7号、冀绿10号、中绿5号、中绿11号、保绿942共5个绿豆品种为研究材料,以绿豆常规种植为对照,通过对玉米/绿豆荫蔽环境下不同绿豆品种生物学特性及产量的对比与评价,筛选出耐阴、生育期短、株高适中、结荚集中、成熟期一致、高产、抗病的绿豆新品种,以期为间作套种配套技术的示范推广提供新品种,提高种植效益,促进南阳食用豆产业发展。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况

基金项目 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-09-Z14)。
作者简介 胡卫丽(1989—),女,河南扶沟人,研究实习员,硕士,从事食用豆试验、示范和推广研究。* 通讯作者,副研究员,从事食用豆试验、示范和推广。
收稿日期 2016-11-21

河试验基地进行。供试土壤为砂质壤土,前茬为小麦,0~20 cm耕层土壤有机质11.9 g/kg、碱解氮68.9 mg/kg、速效磷27.7 mg/kg、速效钾143.8 mg/kg,pH 6.1。

1.2 材料 依据2014年绿豆新品种联合鉴定试验统计结果,选择适宜南阳市种植、生育期适宜、产量较高、抗性较好的5个品种。玉米采用当地主栽品种。供试品种名称和来源见表1。

表1 供试品种名称和来源

Table 1 Names and sources of the tested varieties

作物种类 Crop species	品种名称 Name of varieties	品种来源 Sources of varieties
绿豆 Mung bean	冀绿7号	河北省农林科学院粮油作物研究所
	冀绿10号	河北省农林科学院粮油作物研究所
	中绿5号	中国农业科学院作物科学研究所
	中绿11号	中国农业科学院作物科学研究所
	保绿942	保定市农科所
玉米 Corn	宛玉868	南阳市农业科学院

1.3 方法 试验采用2因素裂区设计,主因素为种植方式(间作和常规种植),副因素为品种。玉米/绿豆间作采用2:2的种植方式,玉米采用大小行种植,大行距120.0 cm,小行距30.0 cm,株距19.7 cm,大行间间作2行绿豆,玉米绿豆间距45.0 cm,绿豆行距30.0 cm,株距14.8 cm,每个小区种植6行绿豆,6行玉米,小区面积22.5 m²,基本苗为绿豆9.01万株/hm²,玉米6.70万株/hm²。以绿豆常规种植为对

照,行距 50.0 cm,株距 12.5 cm,小区面积 15.0 m²,每小区种植 6 行,基本苗为 16.00 万株/hm²。随机区组,3 次重复。播种前底施磷酸二铵 150 kg/hm²,尿素 150 kg/hm²,硫酸钾 180 kg/hm²,播后 30 d 在玉米行间追施尿素 150 kg/hm²。其他田间管理同一般高产田。

1.4 测定项目

1.4.1 生物学性状。分别记录绿豆全生育期各小区的播种期、出苗期、开花期、成熟期。成熟期每小区随机取 10 株绿豆,分别测量其株高、主茎粗、底荚高度、主茎分枝数、主茎节数、荚长。

1.4.2 经济性状。成熟期每小区随机取 10 株绿豆,分别测量其单株荚数、单荚粒数、百粒重、单株产量、小区产量,并换算成单位面积产量。

1.5 数据处理 采用 DPS v6.55 统计分析软件进行试验数

据方差分析,用 Microsoft Excel 2007 软件进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 2 种植方式对不同绿豆品种物候期的影响 由表 2 可知,与常规种植相比,荫蔽胁迫条件下开花期略有提前,其中保绿 942 表现极为显著,平均提前 3.0 d 左右,其他处理表现不显著;成熟期平均延后 2.4 d,其中中绿 5 号和中绿 11 号表现最为显著,均延迟 5.0 d 成熟;全生育天数、开花—成熟期天数均延迟 3.2 d,其中冀绿 7 号、冀绿 10 号表现不显著,中绿 5 号、中绿 11 号、保绿 942 表现极显著。总体上来看,在荫蔽环境中绿豆从出苗到开花期时间缩短,而开花到成熟期时间延长,表明荫蔽胁迫处理高位作物玉米改变了低位作物绿豆的生长环境,影响了绿豆的生育进程,这可能是绿豆在荫蔽胁迫环境中为了种质的延续牺牲了营养生长从而促进其生殖生长,这也是品种自我保护的一种体现。

表 2 2 种植方式对不同绿豆品种物候期的影响

Table 2 Effects of two planting patterns on the phenological periods of different mung bean varieties

种植方式 Planting patterns	品种 Variety	播种期 Seeding date 月-日	出苗期 Seedling emergency date//月-日	开花期 Flowering date 月-日	成熟期 Mature date 月-日	全生育天数 Days of whole growth period//d	开花—成熟期天数 Days from flowering to mature period//d
间作 Intercropping	冀绿 7 号	06-12	06-16	07-22	08-10	58	19
	冀绿 10 号	06-12	06-16	07-23	08-11	59	19
	中绿 5 号	06-12	06-16	07-26	08-15	63	20
	中绿 11 号	06-12	06-16	07-28	08-15	63	18
	保绿 942	06-12	06-16	07-22	08-11	59	20
常规种植 Conventional cultivation	冀绿 7 号	06-12	06-16	07-23	08-10	58	18
	冀绿 10 号	06-12	06-16	07-23	08-10	58	18
	中绿 5 号	06-12	06-16	07-26	08-10	58	15
	中绿 11 号	06-12	06-16	07-28	08-10	58	13
	保绿 942	06-12	06-16	07-25	08-10	58	16

2.2 荫蔽胁迫对不同绿豆品种农艺性状的影响 由表 3 可知,荫蔽胁迫下绿豆的株高、主茎节数、主茎分枝数和主茎粗较常规种植条件下均呈下降趋势,其中主茎分枝数下降最明显,平均下降 26.89%,主茎节数和主茎粗下降幅度次之,分别平均下降 18.68% 和 15.49%,株高下降幅度最小,平均为 5.28%。同时平均节间伸长 1.07 cm,其中表现最突出的是冀绿 7 号,平均伸长 1.76 cm;最不明显的是保绿 942,仅伸长

0.42 cm。荫蔽胁迫下同一品种的各个农艺性状表现敏感程度不一,冀绿 7 号在主茎节数和主茎分枝数方面较敏感,下降幅度均高于平均值,而在主茎粗和株高,特别是株高方面反应不敏感,下降幅度均低于平均值;冀绿 10 号在主茎分枝数方面表现最敏感,在主茎节数方面表现不太敏感;中绿 5 号在主茎节数和主茎粗方面表现较敏感,在株高和主茎分枝数方面表现不太敏感;中绿 11 号在主茎分枝数方面较敏感,

表 3 荫蔽胁迫对不同绿豆品种农艺性状的影响

Table 3 Effects of shading stress on the agronomic characters of different mung bean varieties

品种 Variety	株高 Plant height			主茎节数 Node number of main stem			主茎分枝数 Branching number of main stem			主茎粗 Main stem diameter		
	间作 Intercropping cm	常规种植 Conventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping cm	常规种植 Conventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping cm	常规种植 Conventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping cm	常规种植 Conventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%
冀绿 7 号 Jilu 7	44.7	45.0	-0.59	5.7	7.4	-22.52	1.9	2.7	-30.00	6.7	7.6	-12.00
冀绿 10 号 Jilu 10	50.7	53.2	-4.76	7.1	8.1	-12.40	2.3	3.4	-33.33	6.7	7.8	-13.31
中绿 5 号 Zhonglu 5	49.3	50.8	-2.89	6.4	8.4	-23.81	1.8	2.1	-15.63	7.0	8.6	-18.42
中绿 11 号 Zhonglu 11	53.1	56.1	-5.34	7.7	9.3	-17.27	1.9	2.7	-30.00	7.0	8.5	-17.50
保绿 942 Baolu 942	44.7	51.0	-12.29	6.8	8.3	-17.74	2.5	3.3	-22.45	6.4	7.6	-15.62
平均 Average	48.5	51.2	-5.28	6.7	8.3	-18.68	2.1	2.8	-26.89	6.8	8.0	-15.49

而其他方面与平均值基本持平;保绿 942 在株高方面比较敏感。研究表明,不同品种绿豆在荫蔽胁迫环境中适应环境的策略不同:冀绿 7 号通过减少主茎节数和主茎分枝数来控制营养生长,并通过伸长节间来满足其对光的需求;冀绿 10 号通过减少主茎分枝数来控制营养生长,努力维持主茎节数来满足其对光的需求;中绿 5 号通过减少主茎节数和主茎粗来控制营养生长,通过伸长节间来满足其对光的需求;中绿 11 号通过减少主茎分枝数和主茎粗来控制营养生长,努力维持主茎节数来满足其对光的需求;保绿 942 通过减小各方面数值来控制营养生长,减少对光照的需求以适应环境。

2.3 荫蔽胁迫对不同绿豆品种荚部性状的影响 由表 4 可知,荫蔽胁迫对各绿豆品种的底荚高度、单株荚数、荚长和单荚粒数均有一定的影响,总体表现为底荚高度出现较大幅度上升,单株荚数、荚长、单荚粒数出现较大幅度下降,对荚宽和百粒重影响不显著,未出现较大幅度的变动。同一荚部性状在不同品种间的表现不太一致,冀绿 7 号与品种平均相比差异不大;冀绿 10 号在底荚高度、荚长和百粒重方面与品种

平均走势相反,底荚高度品种平均提升 14.76%,而冀绿 10 号下降 4.03%,荚长品种平均下降 10.75% 而其上升 1.59%,百粒重品种平均上升 0.38% 而其下降 1.65%,另外单株荚数和荚宽的下降幅度也最小;荫蔽胁迫对中绿 5 号的荚部性状影响最为显著,底荚高度、单株荚数、荚长和百粒重与品种平均走势相同,变动幅度均为最大值;中绿 11 号在底荚高度上与品种平均表现相反,荫蔽胁迫对其单株荚数影响相对较小,低于品种平均值;保绿 942 在百粒重上与品种平均表现相反,荫蔽胁迫对其底荚高度和单株荚数影响明显,变动幅度较大。在几个荚部性状中,单株荚数、单荚粒数和百粒重是构成产量的因素,不同品种在这 3 个性状上的表现反映出在荫蔽胁迫环境下繁衍后代策略:冀绿 7 号、中绿 5 号牺牲了单株荚数,努力保证单荚粒数和百粒重,通过结荚的有效性和种子质量来繁衍后代;冀绿 10 号、中绿 11 号通过尽量多结荚,营养不足时牺牲单荚粒数甚至种子质量,以多点开花式繁衍后代;保绿 942 牺牲了单株荚数,努力保证单荚粒数,营养不足时不惜牺牲粒重来繁衍后代。

表 4 荫蔽胁迫对不同绿豆品种荚部性状的影响

Table 4 Effects of shading stress on the pod characters of different mung bean varieties

品种 Variety	底荚高度 Height of the bottom pod			单株荚数 Pods per plant			荚长 Pod length		
	间作 Intercropping cm	常规种植 Conventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping	常规种植 Conve- ntional cultivation	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping cm	常规种植 Con- ventional cultivation cm	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%
冀绿 7 号 Jilu 7	29.5	26.8	10.30	10.1	23.0	-56.23	7.8	9.2	-15.16
冀绿 10 号 Jilu 10	33.3	34.7	-4.03	13.0	26.2	-50.32	8.5	8.4	1.59
中绿 5 号 Zhonglu 5	36.0	20.4	76.27	10.2	24.0	-57.44	8.0	9.7	-17.87
中绿 11 号 Zhonglu 11	33.0	34.9	-5.33	11.1	22.5	-50.74	7.6	8.8	-13.31
保绿 942 Baolu 942	27.5	22.1	24.54	9.4	21.7	-56.90	7.4	8.0	-7.11
平均 Average	31.9	27.8	14.76	10.7	23.5	-54.23	7.9	8.8	10.75

品种 Variety	荚宽 Pod width			单荚粒数 Grain number per pod			百粒重 100-grain weight		
	间作 Intercropping mm	常规种植 Conventional cultivation mm	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping	常规种植 Conve- ntional cultivation	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation//%	间作 Intercropping g	常规种植 Con- ventional cultivation g	间作比常规 种植增减 Changes compared with conventional cultivation//%
冀绿 7 号 Jilu 7	5.4	5.7	-4.61	9.4	10.6	-11.36	6.40	6.34	0.89
冀绿 10 号 Jilu 10	5.2	5.2	-0.10	9.8	11.4	-13.71	5.96	6.06	-1.65
中绿 5 号 Zhonglu 5	6.0	6.2	-3.04	10.3	11.6	-11.04	6.77	6.47	4.64
中绿 11 号 Zhonglu 11	4.9	5.0	-2.74	9.6	11.4	-15.86	5.68	5.68	0.06
保绿 942 Baolu 942	5.5	5.7	-2.73	10.5	11.5	-8.40	5.62	5.76	-2.49
平均 Average	5.4	5.6	-2.69	9.9	11.3	-12.07	6.10	6.10	0.38

2.4 荫蔽胁迫对不同绿豆品种产量的影响 由表 5 可知,荫蔽胁迫下 5 个品种的单株产量和折合产量均低于常规种植,平均降低 62.08%、82.23%。荫蔽胁迫下产量表现突出的冀绿 10 号、中绿 11 号与常规种植相比,单株产量和折合产量变动幅度也比较小,单株产量较常规种植分别降低了 51.57%、54.35%,折合产量分别降低了 78.53%、81.29%。从折合产量减产幅度来看,各品种间差异不显著,最低为冀绿 10 号,减产 78.53%,最高为中绿 5 号,减产 84.39%,品种

间极差仅为 5.86%,不同品种间产量间作减产幅度的变异较小,变异系数仅为 2.84%。由此可见,常规种植条件下的高产品种在间作荫蔽胁迫下也有取得高产的潜力。

荫蔽胁迫对 5 个品种的产量均有一定的影响,并且不同品种间差异达显著水平。其中冀绿 10 号、中绿 11 号在荫蔽胁迫下产量较高,与保绿 942、冀绿 7 号产量差异显著,与冀绿 7 号产量差异均达到极显著水平。冀绿 10 号与中绿 11 号差异不显著。

表 5 荫蔽胁迫对不同绿豆品种产量的影响

Table 5 Effects of shading stress on the yields of different mung bean varieties

品种 Variety	单株产量 Yield per plant			折合产量 Converted yield			小区产量 Plot yield g
	间作 Interc- opping g	常规种植 Conventional cultivation g	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation// %	间作 Interc- opping kg/hm ²	常规种植 Conventional cultivation kg/hm ²	间作比常规 种植增减 Changes com- pared with conventional cultivation// %	
冀绿 7 号 Jilu 7	6.45	15.07	-66.45	306.0	1 783.5	-82.86	366.7 cB
冀绿 10 号 Jilu 10	7.59	19.23	-51.57	403.5	1 878.0	-78.53	484.0 aA
中绿 5 号 Zhonglu 5	5.45	15.68	-67.55	346.5	2 221.5	-84.39	416.0 bcAB
中绿 11 号 Zhonglu 11	6.37	16.81	-54.35	397.5	2 127.0	-81.29	477.3 abA
保绿 942 Baolu 942	5.26	13.96	-67.97	330.0	2 025.0	-83.70	396.0 cAB
平均 Average	6.20	16.40	-62.08	357.0	2 007.0	-82.23	

注:同列数据后不同小写字母表示品种间差异显著($P < 0.05$);同列数据后不同大写字母表示品种间差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences between varieties ($P < 0.05$); and different capital letters in the same column indicated extremely significant differences between varieties ($P < 0.01$)

通过产量分析可知,在荫蔽胁迫环境下冀绿 10 号的产量最高,与中绿 11 号差异不显著,但与其他品种差异均达显著水平。从荫蔽胁迫环境与正常环境下绿豆减产幅度来看,这 2 个品种的减产幅度最低,说明产量优势品种对荫蔽胁迫的应对策略是成功的,与其他品种相比有优势。分析优势品种对荫蔽胁迫的应对策略,其相同方面有 3 点。①出苗到开花期时间未减少,首先满足其营养生长的需要。开花到成熟期时间延长,为生殖生长提供了充分的发育时间。② 2 个优势种在适应荫蔽胁迫时均采用了大幅度减少主茎分枝数的方式来控制营养生长,减少对光照的需求,而对主茎节数尽力减少其下降幅度。③ 2 个优势种在荫蔽胁迫环境中繁衍后代时,均采用了减少单株荚数下降幅度,以牺牲单荚粒数甚至百粒重为代价,尽力多结荚,多点开花式繁衍的应对策略。

3 结论与讨论

绿豆是重要的小杂粮作物之一,在我国具有悠久的种植历史,其生育期短,播种适期长,抗逆性强,耐荫蔽,并有固氮养地能力,是发展立体、高效、循环种植模式及填闲的适宜作物。在农业种植结构调整和优质、高产、高效农业发展中具有其他作物不可替代的作用^[7]。间作能通过各类作物的不同组合、搭配构成多种作物、多层次、多功能的作物复合群体,巧妙地运用时差与空差,高与矮、喜光与耐阴等不同习性作物组合配套,提高对土地、时间、光能、热能等利用率^[8-15]。绿豆的本身特点决定了其在生产中适用于间作,间作的最大缺点是矮秆作物生长在荫蔽环境中,植物在荫蔽条件下具有很强的可塑性,能通过调整自身形态特征和构型来适应外界环境并获取所需资源^[16]。该研究对不同品种绿豆在荫蔽胁迫和常规种植下的物候期、农艺性状、荚部性状及产量进行比较,探讨在荫蔽胁迫下绿豆形态变化规律,并通过高产品种筛选有利的变化,其主要结论如下:

(1) 荫蔽胁迫对 5 个品种的花期、成熟期、全生育天数、开花至成熟期天数均有一定的影响,出苗到开花期呈提前的趋势,但开花到成熟出现延后的现象,其中株高较矮的品种冀绿 7 号、保绿 942 表现更为明显。这种现象可能与植

物在胁迫环境下为保存后代的自我保护能力有关。

(2) 荫蔽胁迫会使绿豆株高降低、主茎节数和主茎分枝数减少,茎粗变细,平均节间伸长,其中以主茎分枝数下降最为明显,平均下降 26.89%,主茎节数平均减少 18.68%,节间伸长 17.35%,主茎直径降低 15.49%,株高平均降低 5.28%。不同品种间在各个性状的增减幅度上有较大的差异。这说明绿豆在应对荫蔽胁迫的主要形态表现是减小营养体,伸长节间,拉开叶片之间的距离,充分利用光源,但品种间的侧重点不同。

(3) 荫蔽胁迫对 5 个绿豆品种的底荚高度、单株荚数、荚长和单荚粒数均有一定的影响,底荚高度上升幅度明显,说明荫蔽胁迫能明显影响下部节位的结荚与分枝的形成,但冀绿 10 号和中绿 11 号的底荚高度不升反降,可能与其分枝形成较早有关;单株荚数、荚长、单荚粒数出现较大幅度下降,对荚宽和百粒重影响不显著;同一荚部性状在 5 个品种间表现也存在一定差异,说明不同品种在荫蔽胁迫环境下的繁育策略不同。

(4) 荫蔽胁迫下 5 个品种的单株产量和折合产量均低于常规种植,平均分别降低 62.08%、82.23%。荫蔽胁迫下 5 个品种的产量差异显著,冀绿 10 号、中绿 11 号产量表现突出,这 2 个品种单株产量和折合产量较常规种植下变动幅度均相对较小,这说明这 2 个品种对荫蔽胁迫的应对策略是成功的,比较适宜间作。

(5) 通过对产量较高的品种在荫蔽胁迫下生物学性状变化的共性分析,适宜间作的绿豆品种应表现为营养生长时间受荫蔽胁迫的影响较小,保证有相对充足的营养积累过程;可以通过大幅度地降低主茎分枝数来适应环境,但主茎节数变化幅度应相对较小,从而保证主茎有相对较多的结荚位点;单株荚数受荫蔽胁迫的影响相对较小。

综上所述,荫蔽胁迫对 5 个绿豆品种的物候期、农艺性状、荚部性状及产量均有一定影响。除单株荚数外,主茎分枝数变动幅度较大,而且表现最直观。通过对高产品种生物

表 2 不同处理吹填土盐渍性质比较

Table 2 Comparison of saline properties of hydraulic fill in different treatments

处理 Treatment	土层 Soil layer cm	总碱度 Total alkalinity	pH	SAR	RSC meq/L
处理① Treatment ①	0~20	0.99	8.50	2.34	0.61
	20~40	1.68	9.08	4.80	3.25
	40~60	3.07	9.40	5.91	12.99
处理② Treatment ②	0~20	0.99	8.33	0.98	0.99
	20~40	1.88	9.09	4.62	5.14
	40~60	3.56	9.24	5.54	17.55
处理③ Treatment ③	0~20	0.89	8.24	0.49	-0.16
	20~40	2.03	8.97	3.44	7.03
	40~60	3.23	9.46	5.48	14.77
脱盐前 Before desalination	0~40	0.59	7.97	13.89	-55.88
	40~60	0.99	8.32	13.44	-80.40

3 结论

(1) 不添加枯枝碎屑、添加 5% 体积的枯枝碎屑、添加 10% 体积的枯枝碎屑处理土壤剖面电导率的变化情况表明, 试验过程中水盐动态规律一致, 均可划分为盐峰形成阶段、盐峰下移阶段、盐峰消失阶段。

(2) 3 个处理的脱盐效率差异明显, 不添加枯枝碎屑、添加 5% 体积的枯枝碎屑、添加 10% 体积的枯枝碎屑处理分别在第 23、17 和 15 天开始有滤液流出, 但各处理达到矿化度小于 3 g/L 的脱盐要求所经历的时间分别为 46、31 和 28 d, 说

明添加园林枯枝碎屑有利于脱盐。但随着枯枝碎屑用量的增大, 用水量也相应增加, 如何找出二者的最佳环境经济效益仍有待进一步研究。

(3) 添加枯枝碎屑处理的 RSC 高于不添加枯枝碎屑处理, 但随着脱盐的进行各处理均表现出脱盐碱化特征, 且添加枯枝碎屑处理的 pH 明显高于 CK。因此, 在施入枯枝碎屑解决吹填土脱盐问题后需要加大培肥力度。

参考文献

- [1] 宋青. 苏州城市园林植物废弃物资源化利用问题探讨[J/OL]. 中国科技信息, 2013(24): 25-27.
- [2] 周海山. 园林绿化废弃物资源化利用经济效益浅析[J/OL]. 城市建设理论研究(电子版), 2012(22) [2016-09-23]. <http://www.doc88.com/p-3197116860725.html>.
- [3] 吕子文, 方海兰, 黄彩娣. 美国园林废弃物的处置及对我国的启示[J]. 中国园林, 2007, 23(8): 90-94.
- [4] 吕子文, 方海兰. 园林废弃物的利用[J]. 园林, 2008(5): 23-26.
- [5] 杨晖. 园林废弃物的资源化利用探讨[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(15): 181-182.
- [6] 郑卫聪, 李胜华, 丁少江, 等. 不同处理措施对园林废弃物堆肥理化性状的影响[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2011, 24(2): 32-36.
- [7] 江定钦, 徐志平, 阮琳. 园林垃圾堆肥化过程中理化性质的变化及堆肥对几种园林植物生长的影响[J]. 中国园林, 2004, 20(8): 63-65.
- [8] 郝瑞军, 方海兰, 郝冠军, 等. 园林废弃物堆肥对黑麦草产量及养分吸收的影响[J]. 现代农业科技, 2008(22): 25-28.
- [9] Ayers R S, K Tanji. An application from Ayers and Westcot's 1985 "Use of treated municipal wastewaters for irrigation." [C] //Originally published as an ASCE 1981 water forum conference proceedings. [s.l.]: FAO Irrigation and Drainage Paper, 1981.
- [10] WILCOX L V. The quality of water for irrigation use[J]. Technical bulletins, 1948, 113(4): 277-284.
- [11] 汪立刚, 梁永超. 坡耕地粮草间作的培肥保土效果及生态环境经济效益[J]. 中国农学通报, 2008, 24(10): 482-486.
- [12] 李彩虹, 吴伯志. 玉米间套作种植方式研究综述[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 85-89.
- [13] 宋艳霞, 杨文钰, 李卓玺, 等. 不同大豆品种幼苗叶片光合及叶绿素荧光特性对套作遮荫的响应[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 474-479.
- [14] 于晓波, 张明荣, 吴海英, 等. 净套作下不同耐荫性大豆品种农艺性状及产量分布的研究[J]. 大豆科学, 2012, 31(5): 757-761.
- [15] 王竹, 杨文钰, 吴其林. 玉/豆套作荫蔽对大豆光合特性与产量的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1502-1507.
- [16] WANG H, INUKAI Y, YAMAUCHI A. Root development and nutrient uptake[J]. Crit Rev in Plant Sci, 2006, 25(3): 279-301.
- [17] 戴高量. 发展绿豆生产大有可为[J]. 四川农业科技, 2011(6): 18-19.
- [18] 田静, 范宝杰. 河北省小豆、绿豆生产研究现状及发展建议[J]. 河北农业科学, 2002, 6(3): 59-63.
- [19] 程须珍. 中国绿豆产业现状及发展策略[M]//柴岩, 万富世. 中国小杂粮产业发展报告. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [20] 马秀杰, 张耀安. 间作对绿豆产量的影响[J]. 农业与技术, 2006, 26(1): 124, 126.
- [21] 于晓波, 罗玲, 曾宪堂, 等. 套作弱光胁迫对大豆苗期根系形态和生理活性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(2): 185-193.
- [22] 刘慧. 我国绿豆生产现状和发展前景[J]. 农业展望, 2012, 8(6): 36-39.
- [23] 罗河月, 任爱民, 郭冬梅. 绿豆品种比较试验[J]. 河北农业科学, 2012, 16(5): 14-16.

(上接第 63 页)

性状变化的共性分析发现, 主茎分枝数变动幅度与绿豆产量存在一定相关性, 主茎分枝数反应敏感的品种其自我调节能力较强, 比较耐荫蔽, 适合间作。因此, 在今后的研究中主茎分枝数变动情况可作为判定绿豆对荫蔽胁迫适应能力的一个重要指标, 在筛选适宜的间作品种时应加以关注。

参考文献

- [1] 戴高量. 发展绿豆生产大有可为[J]. 四川农业科技, 2011(6): 18-19.
- [2] 田静, 范宝杰. 河北省小豆、绿豆生产研究现状及发展建议[J]. 河北农业科学, 2002, 6(3): 59-63.
- [3] 程须珍. 中国绿豆产业现状及发展策略[M]//柴岩, 万富世. 中国小杂粮产业发展报告. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [4] 马秀杰, 张耀安. 间作对绿豆产量的影响[J]. 农业与技术, 2006, 26(1): 124, 126.
- [5] 于晓波, 罗玲, 曾宪堂, 等. 套作弱光胁迫对大豆苗期根系形态和生理活性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(2): 185-193.
- [6] 刘慧. 我国绿豆生产现状和发展前景[J]. 农业展望, 2012, 8(6): 36-39.
- [7] 罗河月, 任爱民, 郭冬梅. 绿豆品种比较试验[J]. 河北农业科学, 2012,