

根系不同分隔方式下油菜和鹰嘴豆 对小麦锰营养的影响

赵秀芬^{1,2}, 房增国², 吕世华³, 刘学军¹, 张福锁¹

(1. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 2. 青岛农业大学 资源与环境学院, 山东 青岛 266109;

3. 四川省农科院 土肥所, 四川 成都 610066)

摘要:通过根系分隔盆栽试验,研究了油菜和鹰嘴豆对小麦生长及锰营养的影响。结果表明:与油菜或鹰嘴豆混作能显著改善小麦生长及锰营养,其地上部干质量和吸收锰量均以根系不分隔处理显著高于根系完全分隔处理,但油菜和鹰嘴豆的生长受小麦抑制,表现为不分隔处理地上部干质量及吸锰量显著低于完全分隔。不施锰小麦/油菜和小麦/鹰嘴豆混作体系中,根系不分隔处理小麦根区土壤 DTPA-Mn 含量显著高于其他分隔方式,且油菜或鹰嘴豆地上部植株锰含量显著高于相应的混作小麦,在锰胁迫条件下,油菜和鹰嘴豆根系活化的土壤锰可被小麦吸收利用。因此与油菜或鹰嘴豆混作是改善小麦锰营养的有效途径之一。

关键词:小麦;油菜;鹰嘴豆;根系分隔方式;锰营养

中图分类号:S143 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2009)06-0133-05

Effects of Rapeseed and Chickpea on Mn Nutrition of Wheat under Different Root Barrier Patterns

ZHAO Xiu-fen^{1,2}, FANG Zeng-guo², LU Shi-hua³, LIU Xue-jun¹, ZHANG Fu-suo¹

(1. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;

3. Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agriculture Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to investigate the effects of rapeseed and chickpea on the growth and Mn nutrition of wheat in intercropping systems under different root barriers pattern. Results show that both shoot growth and Mn nutrition of wheat were significantly improved in wheat/rapeseed or in wheat/chickpea intercropping system. The shoot dry weight and Mn uptake by wheat in the mixed-cropping without barrier were significantly higher than those in the mono-cropping where root was constricted by the solid barrier. But the growth of rapeseed and chickpea were restrained by wheat in the mixed cropping system. Results also show that soil DTPA-Mn concentration of wheat root area in no barrier treatment was markedly higher than that in the mesh barrier or solid barrier treatment in the wheat/rapeseed, wheat/chickpea intercropping systems receiving nil mg/kg Mn, and shoot Mn concentration of rapeseed, chickpea were significantly higher than their respective wheat, Mn which activated by rapeseed or chickpea was utilized by wheat in the mixed cropping system when soil was lack of Mn. Those indicated that Mn nutrition in the mixed cropping wheat was significantly improved by rapeseed or chickpea.

Key words: Wheat; Rapeseed; Chickpea; Root barriers pattern; Mn nutrition

20 世纪 80 年代以来,四川、浙江、河北、云南等地相继发现大面积小麦缺锰症^[1,2]。作物缺锰特别

是麦类作物缺锰是石灰性土壤上仅次于缺铁的微量元素营养失调问题^[3,4]。如何防治石灰性土壤尤其

收稿日期:2009-09-25

基金项目:国家自然科学基金项目(49801013)

作者简介:赵秀芬(1971-),女,内蒙古锡林浩特人,硕士,实验师,主要从事植物营养方面的研究。

通讯作者:房增国(1971-),男,山东苍山人,副教授,博士,主要从事植物营养方面的教学与研究。

是水旱轮作土壤小麦缺锰的发生,具有重要的理论和现实意义,尤其是探讨通过充分发挥植物自身潜力或植物之间的相互作用来缓解作物缺锰症,对于一些生长在潜在缺锰或轻度缺锰土壤上的作物更有意义^[5,6]。有研究表明根分泌物中的有机酸与锰氧化物活化和植物锰吸收关系密切^[7],油菜和鹰嘴豆根系酸化能力较强,能够活化土壤中的难溶性锰,从而提高锰的有效性,因此通过根系相互作用,可能会起到改善小麦锰营养的作用。笔者以小麦为主要研究对象,通过与油菜或鹰嘴豆混作研究根系不同分隔方式对小麦生长及锰营养的影响,来探讨通过作物种间相互作用改善小麦锰营养的可行性,以充分发挥混作在农业生产中的重要作用。

1 材料和方法

1.1 供试土壤和作物品种

供试土壤为四川成都平原岷江冲积物基础上发育成的缺锰水稻土(0~15 cm),属砂壤质灰色冲积性水稻土(简称灰潮土),土壤基本理化性状为:土壤 pH 7.63(土水=1 2.5),有机质为 30.04 g/kg,DT-PA-Mn 为 1.9 mg/kg。土壤风干后过 2 mm 筛孔备用。供试作物为小麦(*Triticum aestivum* L.)——川麦 28、油菜(*Brassica napus* L.)——中双五号、鹰嘴豆(*Cicer arietinum* L.)——HLIP94-80c。

1.2 试验设计

试验选用塑料盆(12 cm ×15 cm),采用 3 种分隔方式:完全分隔,用塑料膜将两种作物的根系完全分开,两作物根系间无相互作用;尼龙网分隔,用 30 μm 的尼龙网分开,根系被分开,但根系间有养

分交换;不分隔,没有任何介质分隔两作物。

试验采用两种种植体系(小麦/油菜、小麦/鹰嘴豆):设不同分隔方式,施锰(+Mn)与不施锰(-Mn)处理。共计 12 个处理,每处理重复 3 次。每盆装土 2.0 kg,基肥中的氮肥为硝酸钙,磷肥为过磷酸钙,钾肥为硫酸钾,所有处理均施 N 0.3 g/kg, P₂O₅ 0.2 g/kg, K₂O 0.3 g/kg,硫酸锰用量为 50 mg/kg,研碎后与土壤充分混匀施入。

试验于 2003 年 10 月 13 日播种,小麦播种 25 粒,定苗 16 株;油菜播种 15 粒,定苗 6 株;鹰嘴豆播种 10 粒,定苗 6 株。12 月 25 日收获植株地上部进行干质量及全锰含量测定,同时取小麦根区土壤进行 DTPA-Mn 含量测定。试验地点在中国农业大学植物营养系温室。

1.3 测定方法

植株全锰用干灰化法测定,土壤 DTPA-Mn 用 0.005 mol/L 的 DTPA 混合液(pH 7.3)提取,植株和土壤锰浓度均用原子吸收分光光度法测定。土壤 pH 用电极法。有机质用重铬酸钾稀释热法-容量法测定,以上各法详见文献[8]。所有数据均用 SAS 软件统计检验。

2 结果与分析

2.1 根系不同分隔方式对作物地上部干质量的影响

从表 1 可看出,在小麦/油菜、小麦/鹰嘴豆种植体系中,施锰较不施锰均显著促进小麦生长,且在相同根系分隔方式下,显著增加小麦地上部干质量。说明该土壤缺锰,施锰可改善小麦生长。

表 1 根系不同分隔方式对小麦地上部干质量的影响

Tab.1 Effect of root barriers pattern on shoot dry weight of wheat		g/ pot		
种植体系 Crop systems	处理 Treatment	分隔处理 Root barriers		
		完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier
小麦/油菜	- Mn	4.72 b	4.79 b	5.48 a
Wheat/ Rapeseed	+ Mn	5.75 b	5.62 b	7.07 a
小麦/鹰嘴豆	- Mn	4.54 b	5.34 ab	6.80 a
Wheat/ Chickpea	+ Mn	5.24 b	5.86 b	8.82 a
显著性检验 Significances				
种植体系 Cropping systems			**	
施锰 Mn application			**	
分隔方式 Root barrier			**	

注:1. 行内 3 个值进行比较,字母相同的值差异不显著;2. **, * 分别表示差异达 1 % 和 5 % 显著水平,NS 表示差异不显著,下同。
Note:1. Values in each row followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level;2. **, * Indicate significance at 1 % and 5 % level ,NS means no significant difference. The same as follows.

不同种植体系中,根系不分隔处理的小麦地上部干质量显著高于完全分隔和尼龙网分隔。土壤不施锰时,小麦/油菜体系中,根系不分隔小麦地上部干质量比完全分隔和尼龙网分隔分别增加 16.1 %

和 14.4 %;而小麦/鹰嘴豆体系中,则分别增加 49.8 % 和 27.3 %。由此表明,土壤缺锰时,小麦与鹰嘴豆混作优于与油菜混作。但无论哪种混作体系,小麦生长均占优势。土壤施锰时,小麦/油菜种植体

系中根系不分隔处理小麦干质量比完全分隔和尼龙网分隔分别增加 23.0 % 和 25.8 % ,小麦/ 鹰嘴豆体系增加幅度更大 ,分别为 68.3 % 和 50.5 % 。说明无论土壤缺锰与否 ,相对小麦而言 ,小麦/ 鹰嘴豆混作优于小麦/ 油菜混作。且在两种种植体系中 ,施锰时根系不分隔处理小麦地上部干质量高于完全分隔和尼龙网分隔的幅度大于不施锰处理的幅度 ,这说明施锰进一步促进了小麦的竞争优势。

由表 2 可知 ,无论施锰与否 ,根系不分隔处理的油菜地上部干质量均显著低于完全分隔和尼龙网分隔 ,不施锰时降低 12.8 % 和 18.4 % ,施锰处理降低 48.2 % 和 43.7 % 。比较施锰与不施锰 ,发现根系在

完全分隔和尼龙网分隔时 ,施锰显著改善油菜的生长 ,干质量明显增加 ,增幅为 30.8 % 和 12.6 % ;而根系不分隔时 ,油菜地上部干质量却下降 22.3 % 。对鹰嘴豆来说 ,根系分隔方式显著影响其地上部干质量。不施锰时 ,根系不分隔的鹰嘴豆地上部干质量显著低于完全分隔和尼龙网分隔 ,分别降低 34.6 % 和 23.8 % ;施锰则分别降低 45.2 % 和 39.3 % 。施锰处理降幅增大 ,与油菜趋势一致 ,这进一步说明施锰能提高小麦的竞争力 ;在完全分隔和尼龙网分隔方式下 ,施锰对鹰嘴豆地上部干质量无显著影响 ,说明施锰并不能促进鹰嘴豆生长。

表 2 根系不同分隔方式对油菜和鹰嘴豆地上部干质量的影响

Tab.2 Effect of root barriers pattern on shoot dry weight of rapeseed and chickpea g/ pot				
种植体系 Crop systems	处理 Treatment	分隔处理 Root barriers		
		完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier
小麦/ 油菜	- Mn	3.50a	3.74a	3.05b
Wheat/ Rapeseed	+ Mn	4.58a	4.21a	2.37b
小麦/ 鹰嘴豆	- Mn	3.18a	2.73b	2.08c
Wheat/ Chickpea	+ Mn	3.01a	2.72a	1.65b
显著性检验 Significances				
种植体系 Cropping systems			**	
施锰 Mn application			NS	
分隔方式 Root barrier			**	

2.2 根系不同分隔方式对作物地上部锰含量及吸锰量的影响

施锰显著增加小麦地上部锰含量和吸锰量(表 3)。在不同种植体系中 ,同种根系分隔方式间比较 ,施锰小麦地上部锰含量是不施锰肥的 1.86 ~ 2.90 倍 ,吸锰量则是不施锰肥的 2.16 ~ 3.41 倍。施锰对

油菜和鹰嘴豆地上部锰含量和吸锰量的影响与小麦类似(表 4)。但鹰嘴豆增幅较大 ,同种根系分隔方式间比较 ,施锰处理锰含量是不施锰的 5.65 ~ 7.49 倍 ,吸锰量为 5.32 ~ 6.30 倍 ;油菜则增幅较小。结合地上部干质量来看(表 2) ,鹰嘴豆从土壤中吸收大量的锰却没能促进其生长。

表 3 施锰与不同分隔方式对小麦地上部锰含量和吸锰量的影响

Tab.3 Effects of Mn application and root barriers on Mn concentration and uptake of wheat							
种植体系 Crop systems	处理 Treatment	锰含量/ (mg/ kg) Mn concentration			吸锰量/ (μg/ pot) Mn uptake		
		完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier	完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier
小麦/ 油菜	- Mn	12.8a	13.6a	13.2a	60.6b	64.9ab	72.2a
Wheat/ Rapeseed	+ Mn	30.9b	39.4a	24.6c	177.0a	221.1a	172.6a
小麦/ 鹰嘴豆	- Mn	12.7a	12.9a	12.3a	58.0b	69.1ab	83.6a
Wheat/ Chickpea	+ Mn	23.9a	26.7a	24.2a	125.2b	172.5ab	214.1a
显著性检验 Significances							
种植体系 Cropping systems			**			**	
施锰 Mn application			**			**	
分隔方式 Root barrier			**			**	

注 :1. 行内分别对锰含量 3 个值和吸锰量 3 个值进行比较 ,字母相同的值差异不显著 ;2. **, * 分别表示差异达 1 % 和 5 % 显著水平 ,NS 表示差异不显著 ,下同。
Note :1. Values are compared in each row for Mn concentration and Mn acquisition ,respectively ,of which followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level ;2. **, * Indicate significance at 1 % and 5 % level ,NS means no significant difference. The same as Tab.4.

由表 3 可知 ,不施锰时作物根系相互作用对小麦地上部锰含量无显著影响 ,而吸锰量受根系分隔方式影响较大 ,根系不分隔处理小麦地上部吸锰量分别是根系完全分隔的 1.19 倍和 1.44 倍。在施锰

处理中 ,小麦/ 油菜体系中小麦地上部锰含量以根系完全分隔显著高于不分隔 ,而显著低于尼龙网分隔。根系分隔方式对小麦吸锰量无影响 ,但表现出尼龙网分隔较高的趋势 ;小麦/ 鹰嘴豆体系中小麦锰含量

表现为尼龙网分隔高于其他两种根系分隔方式的趋势,但差异不显著,然而吸锰量在 3 种根系分隔方式间却有显著差异,不分隔处理小麦地上部吸锰量是完全分隔处理的 1.71 倍。

从表 4 看出,无论施锰与否,油菜、鹰嘴豆地上部锰含量不受根系分隔方式的影响,油菜吸锰量表现趋势一致,即根系完全分隔显著高于不分隔,分别是不分隔的 1.44 倍和 2.14 倍。鹰嘴豆吸锰量在不施锰时 3 种根系分隔方式间均有显著差异,完全分

隔分别是尼龙网分隔和不分隔的 1.16 倍和 1.48 倍;而施锰处理中在完全分隔与尼龙网分隔间无差异,但均显著高于不分隔,依次是不分隔的 1.42 倍和 1.44 倍。

在小麦/油菜和小麦/鹰嘴豆体系中,小麦属于优势作物,其地上部干质量及吸锰量在根系不分隔时均显著高于根系完全分隔处理,油菜和鹰嘴豆则恰好与小麦情况相反。

表 4 施锰与不同分隔方式对油菜和鹰嘴豆地上部锰含量和吸锰量的影响

Tab. 4 Effects of Mn application and root barriers on Mn concentration and uptake of rapeseed and chickpea							
种植体系 Crop systems	处理 Treatment	锰含量/ (mg/ kg) Mn concentration			吸锰量/ (μg/ pot) Mn uptake		
		完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier	完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier
小麦/ 油菜	- Mn	37.8a	33.9a	30.1a	132.4a	126.5ab	91.8b
Wheat/ Rapeseed	+ Mn	82.4a	74.1a	76.0a	383.7a	311.4ab	179.1b
小麦/ 鹰嘴豆	- Mn	17.7a	17.7a	18.3a	56.3a	48.3b	38.0c
Wheat/ Chickpea	+ Mn	100.0a	113.1a	137.1a	299.5a	304.5a	210.9b
显著性检验 Significances							
种植体系 Cropping systems			**			**	
施锰 Mn application			**			**	
分隔方式 Root barrier			NS			**	

2.3 根系不同分隔方式对小麦土壤 DTPA-Mn 含量的影响

由表 5 可知,在不同种植体系中,施锰比不施锰处理显著提高了小麦土壤 DTPA-Mn 含量。不施锰

的 2 个种植体系小麦小麦土壤 DTPA-Mn 含量,均表现出根系不分隔处理显著高于其他分隔方式,且根系完全分隔与尼龙网分隔无差异;而施锰处理的小麦土壤 DTPA-Mn 含量不受根系分隔方式的影响。

表 5 根系不同分隔方式对小麦土壤 DTPA-Mn 含量的影响

Tab. 5 Soil DTPA-Mn contents of wheat as affected by root barriers pattern					mg/ kg
种植体系 Crop systems	处理 Treatment	分隔处理 Root barriers			
		完全分隔 Solid barrier	尼龙网分隔 Mesh barrier	不分隔 No barrier	
小麦/ 油菜	- Mn	3.2 b	2.9 b	5.7 a	
Wheat/ Rapeseed	+ Mn	12.0 a	10.9 a	11.6 a	
小麦/ 鹰嘴豆	- Mn	3.5 b	3.2 b	4.7 a	
Wheat/ Chickpea	+ Mn	13.1 a	12.9 a	16.8 a	

3 讨论与结论

混作种植体系中的两种作物之间总是存在着种间竞争。竞争能力强的作物占有更多的气、光、热、养分等资源,在竞争中处于优势地位;而竞争能力弱的作物则占有相对较少的资源,生长受到抑制,在竞争中处于劣势地位。有研究认为,种间的竞争能力尤其是对氮素的竞争能力与根系的生长和活力有关,间作中禾谷类作物根系活力就高于豆科作物^[9];黄高宝等^[10]也得到类似结果,证明当小麦与大豆间作后根系活力比单作增加 30 % 左右。油菜和鹰嘴豆与小麦的生态位有较大差异,种间竞争相对弱一些,种间促进作用明显。油菜、鹰嘴豆促进了小麦生长,表现为根系不分隔处理的小麦地上部干质量显著高于其他分隔方式,但这种促进作用是以牺牲油

菜、鹰嘴豆自身生长为代价的,这与 Gardner 和 Boundy^[11]在白羽扇豆/小麦混作、肖焱波等^[12]在小麦/蚕豆混作试验结果一致。施锰促进了小麦/鹰嘴豆体系的混作优势,提高了混作体系总地上部干质量,而在小麦/油菜混作体系中无此现象,原因有待于进一步研究。

植物生长离不开营养,因此某种营养物质的有或无,如 P、K、Fe、Zn、Cu 和 Mn 等养分缺乏会对根分泌物有重大影响。大量研究证实,缺 Mn、Cu 会导致植物氨基酸、有机酸、酚酸分泌量增加。根系分泌物中含有 H⁺ 和大量低分子量有机酸,如乳酸、甲酸、苹果酸、草酸、丙酮酸等,它们增加了土壤中 H⁺ 浓度,酸化根际土壤,导致根际土壤 pH 值降低。油菜和鹰嘴豆显著促进混作小麦的生长及锰吸收,根系不分隔处理小麦地上部干质量显著高于根系完全分

隔,吸锰量也大幅度增加。可能是因为油菜及鹰嘴豆根系活化土壤锰氧化物的能力较强,在与小麦混作时,同时促进小麦对锰的吸收。有研究表明,根分泌物中的有机酸,与锰氧化物的活化和植物对锰的吸收有非常密切的关系^[7]。方正^[13]研究认为,根系还原活化土壤中难溶性锰氧化物的能力较强是油菜耐缺锰能力明显高于小麦的主要原因。在白羽扇豆/小麦混播条件下,白羽扇豆的根分泌物通过对土壤锰氧化物的还原活化,促进了小麦对锰的吸收^[11],且白羽扇豆根系的淋洗液溶解二氧化锰的数量比原土体高出数十倍,且白羽扇豆播种量越大,小麦地上部锰含量越高^[14]。某一种作物的根分泌物不仅仅只对一种元素起活化作用,如在缺铁条件下,难溶性锰化合物 MnO_2 能被溶解,也能使 Cd 的有效性增强。在玉米/鹰嘴豆混作的体系中,Li 等^[15]研究发现鹰嘴豆根系及其根际土壤酸性磷酸酶活性较高,与鹰嘴豆间作可促进间作玉米对有机磷的吸收。由此可推测,鹰嘴豆与小麦混作后,鹰嘴豆根系分泌物可以酸化土壤,活化土壤中的难溶性磷,从而促进了整个体系对磷素的吸收,同时也可能间接活化了土壤中的难溶性锰。综合这些研究结果,推测本试验中混作体系中小麦生长和锰营养改善可能与油菜、鹰嘴豆通过根系分泌物来活化土壤难溶性锰氧化物、提高土壤有效锰含量有密切关系。同时,油菜、鹰嘴豆因竞争不过小麦而消弱了自身生长,影响自身地上部对锰的吸收,导致油菜、鹰嘴豆地上部吸锰量也以根系完全分隔处理显著高于根系不分隔处理的结果。

在不施锰的不同混作体系中,根系不分隔处理小麦根区土壤 DTPA-Mn 含量显著高于其他两种分隔方式。这也从另一角度说明油菜和鹰嘴豆根系活化土壤有效锰的能力强于小麦,且可从油菜和鹰嘴豆地上部植株锰含量显著高于与之混作小麦的相应指标得以反映。因此,在小麦/油菜、小麦/鹰嘴豆混作体系中,油菜、鹰嘴豆能显著改善小麦锰营养,其具体原因及油菜和鹰嘴豆根系如何活化土壤锰氧化物的机制还有待于深入研究。

参考文献:

- [1] 张维理,张乃凤. 石灰性土壤中锰素营养的研究 II. 土壤有效锰的测定[J]. 土壤学报,1984,20:347 - 359.
- [2] 胡思农,华文清,卢明,等. 温江地区小麦锰肥试验研究[J]. 土壤,1981(3):100 - 103.
- [3] 刘铮,朱其清,唐丽华,等. 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布[J]. 土壤学报,1982,19(3):209 - 223.
- [4] Rashid A. Manganese deficiency in chickpea grown on a calcareous soil of Pakistan[J]. International Chickpea Newsletter,1990,22:21 - 22.
- [5] 方正,吕世华,张福锁. 不同小麦品种(品系)耐缺锰能力的比较研究[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(3):277 - 283.
- [6] 何春娥,赵秀芬,刘学军,等. 燕麦/小麦间作对小麦生长和锰营养的影响[J]. 生态学报,2006,26(2):357 - 363.
- [7] Marschner H. Mechanisms of manganese acquisition by roots from soil[M]//Graham R D. Manganese in Soils and Plants, Kluwer Academic Press,1988.
- [8] 秦怀英. 植物锰的测定[M]//南京农业大学. 土壤农化分析(第2版). 北京:农业出版社,1992.
- [9] Tofinga M P,Snaydon R W. The root activity of cereals and peas when grow in pure stands and mixtures[J]. Plant and Soil,1992,142:281 - 285.
- [10] 黄高宝,张恩和. 禾本科、豆科作物间套种植对根系活力影响的研究[J]. 草业学报,1998,70:18 - 22.
- [11] Gardner W K,Boundy K A. The acquisition of phosphorus by *lupines albus L.*. The effect of interplanting wheat and white lupine on the growth and mineral composition of the two species[J]. Plant and Soil,1983,70:391 - 402.
- [12] 肖焱波,李隆,张福锁. 小麦/蚕豆间作中的种间氮营养差异比较研究[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(4):396 - 400.
- [13] 方正,吕世华,张福锁. 不同犁底层含锰量对小麦、油菜锰营养状况的影响[J]. 土壤通报,2000,31(1):30 - 33.
- [14] Gardner W K,Parbery D G,Barber D A. The acquisition of phosphorus by *lupine albus L.*. Some characteristics of the soil/Root interface[J]. Plant and Soil,1982,68:19 - 32.
- [15] Li S M,Li L,Zhang F S, et al. Acid phosphatase role in chickpea/maize intercropping[J]. Annals of Botany,2004,94:297 - 303.