

氮肥用量对油菜//蚕豆间作系统作物产量及养分吸收的影响

肖靖秀¹, 汤利¹, 郑毅^{1,2*}

(1 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201; 2 西南林业大学, 昆明 650224)

摘要: 油菜间作蚕豆方式中的养分吸收利用特征少见报道, 本研究通过田间小区试验探讨了不同施氮水平下间作对作物产量及氮、钾养分吸收利用的影响。通过研究表明, 油菜间作蚕豆具有显著的间作产量优势, 间作方式中油菜的竞争能力强于蚕豆。间作平均提高油菜产量 15.6%~44.5%, 提高蚕豆产量 12.1%~26%。不同施氮条件下, 间作土地当量比 (LER) = 1.14~1.67, 施氮量 112.5 kg/hm² (N_{112.5}) 条件下 LER 最大, 施氮量 225 kg/hm² (N₂₂₅) 条件下, 作物产量最高。间作提高了油菜地上部氮吸收量, 其中间作第一行 > 间作第三行 > 单作, 在农民习惯施肥水平 (N_{337.5}) 条件下间作养分吸收优势消失。随着氮肥施用量的增加, 单、间作油菜氮吸收量随之增加。间作油菜子粒氮吸收量、钾吸收量在推荐施氮 (N₂₂₅) 条件下达到最大值。不同施氮条件下, 单、间作油菜地上部钾吸收量没有差异。间作促进氮素营养由营养器官向生殖器官转移, 但对钾素营养的分配没有影响。

关键词: 油菜; 蚕豆; 间作; 产量; 氮; 钾; 吸收; 分配

中图分类号: S565.4.601; S606⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2011)06-1468-06

Effects of N fertilization on yield and nutrient absorption in rape and faba bean intercropping system

XIAO Jing-xiu¹, TANG Li¹, ZHENG Yi^{1,2*}

(1 College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2 Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: Few studies of nutrient absorption and utilization were conducted in rape and faba bean intercropping system. A field experiment of rape and faba bean intercropping was carried out to study the effects of the intercropping on crops' yields and N, K absorptions and utilizations under different N application levels. The results show that there is a remarkable intercropping yield advantage in the rape and faba bean intercropping system, and the increased rape yield (15.6%–44.5%) is higher than that (12.1%–26%) of faba bean. In different N levels, land equivalent ration (LER) values range from 1.14 to 1.67. The maximum LER value is under the N_{112.5} level, while the maximum yield is under the N₂₂₅ level. The N absorptions in lower N levels are increased, and the trend of the amounts of N uptake by rape is in the order: outer row of intercropping rape > inter row of intercropping rape > the row of mono-cropping rape. Under both mono and intercropping systems, the amounts of N uptakes by rape are improved under the application of N fertilizer. The maximum N absorption and K absorption of rape seed are under the N₂₂₅ level. In different N levels, the intercropping could not increase K absorption, however the N transfer from shoots to seeds is improved.

Key words: rape; faba bean; intercropping; yield; N; K; absorption; distribution

收稿日期: 2011-01-26

接受日期: 2011-07-11

基金项目: “973”计划科研专项(2011CB100405); 国家自然科学基金(30860157, 31060277); 公益性(农业)科研专项(201103003); 云南省高校科技创新团队支持计划资助。

作者简介: 肖靖秀(1980—), 女, 云南昆明人, 讲师, 在读博士生, 主要从事作物养分吸收利用与病虫害控制的研究。

E-mail: xiaojingxiuxj@126.com。

* 通讯作者 E-mail: zhengyi-64@163.com

大量研究数据表明豆科//禾本科作物间作可以提高作物产量,促进光、热、水分、养分等资源的高效利用,控制病虫害的发生,稳定农田生态系统^[1-5]。叶优良等在研究小麦//玉米及蚕豆//玉米间作带中发现,间作可以提高水分利用效率^[6],玉米//大豆间作系统的研究也表明间作能增加大豆叶绿素含量、表观量子效率和提高 CO₂ 补偿点,大豆在间作导致的遮阴条件下通过提高表观量子利用效率,减少暗呼吸消耗,以利于植株在弱光环境下光合产物的积累^[7]。此外,合理的豆科作物间作还可以促进豆科作物固氮优势的发挥,提高与之间作作物氮素的吸收利用,提高氮肥利用率^[8-10]。油菜、蚕豆是云南重要的小春作物之一,在油菜主产区油菜//蚕豆间作种植方式分布较广泛。但是有关十字花科作物油菜与蚕豆间作在产量及氮、钾吸收累积方面的研究还少见报道。因此本文结合农业生产实际,通过田间试验研究油菜//蚕豆间作对作物产量、氮、钾养分吸收利用的影响及其与产量的关系,旨在为农作物多样性种植技术的进一步推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2003 年 10 月至 2004 年 5 月在云南省玉溪市峨山县完成。供试土壤为水稻土,前作为水稻,土壤基本养分状况为:有机质含量 17.5 g/kg,全氮 1.47 g/kg,碱解氮 98.64 mg/kg,速效钾 53.84 mg/kg,速效磷 25.03 mg/kg,pH 6.82。供试作物品种:油菜为当地主栽品种 84001A35,蚕豆为玉溪大粒豆。

试验为裂区组试验,主区为种植模式,副区为氮肥处理。主区处理设:油菜单作,蚕豆单作,油菜//蚕豆间作三种种植模式,试验小区面积为 4 m×7.5 m=30 m²;间作小区种植规格为 6 行油菜-2 行蚕豆-6 行油菜-2 行蚕豆-6 行油菜-2 行蚕豆,其中间作小区 3/4 面积种植油菜,1/4 面积种植蚕豆,总计每个间作小区 3 个种植带。种子于 2003 年 10 月 1 日点播,油菜、蚕豆株行距均为 0.2 m×0.3 m,密度为 1.6×10⁵ 株/hm²,单、间作种植密度相同。种植模式如图 1 所示。

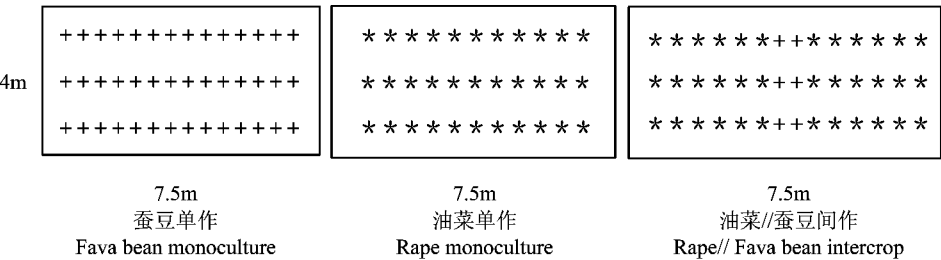


图 1 油菜//蚕豆间作小区种植模式图

Fig.1 Diagrams of rape intercropped with faba bean

[注(Note): “+”表示蚕豆 Means faba bean; “*”表示油菜 Means rape.]

副区处理:油菜单作、油菜//蚕豆间作共设 4 个氮水平,蚕豆单作不设氮处理,每个处理 3 次重复,随机区组排列。其中间作处理的蚕豆均不施氮肥,间作处理的油菜施氮量为单作小区施氮量的 3/4。试验共计 9 个处理。不同氮水平处理如下:1)对照,不施肥,用 N₀ 表示;2)施氮量为推荐施肥水平的 1/2,即 N 112.5 kg/hm²,P₂O₅ 112.5 kg/hm²,用 N_{112.5}表示;3)推荐施氮水平,即 N 225 kg/hm²,P₂O₅ 112.5 kg/hm²,用 N₂₂₅表示;4)农民习惯施肥水平,氮肥用量为处理 3 的 1.5 倍,即 N 337.5 kg/hm²,P₂O₅ 112.5 kg/hm²,用 N_{337.5}表示。

1.2 田间管理

按农户常规的作物规范化栽培措施进行肥水管

理。氮肥为尿素,1/2 作基肥,1/2 作追肥于油菜薹苔期兑水条施。磷肥为普钙,在播种前作基肥开沟与土混合施用。

1.3 样品采集

在油菜开花期、角果期、收获期分别采单作各小区的油菜整株植物 3 株,间作各小区分别采邻近蚕豆第一行和第三行的油菜整株植物 3 株。在油菜、蚕豆收获时测定油菜、蚕豆生物量、产量并进行考种。

1.4 测定方法及数据分析

所采植株样品测定地上部全氮、全钾含量。植株全氮采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮—蒸馏滴定法;全钾采用火焰光度计法测定^[11]。

间作优势评价:应用土地当量比(LER)^[12]作为衡量间作产量优势的指标。

$$LER = LER_r + LER_f, LER_r = (Y_{ir}/Y_{mr}), LER_f = (Y_{if}/Y_{mf})$$

式中: Y_{ir} 和 Y_{if} 分别代表间作总面积上油菜和蚕豆的产量; Y_{mr} 和 Y_{mf} 分别代表单作油菜和单作蚕豆的产量; 当 $LER > 1$, 表明间作有优势; 当 $LER < 1$ 为间作劣势。

种间相对竞争力(Aggressively): 表示两种作物对资源的竞争能力。

$$Arf = Y_{ir}/(Y_{mr} \cdot Pr) - Y_{if}/(Y_{mf} \cdot Pf)$$

式中: Arf 为油菜相对于蚕豆的资源竞争力; Pr 和 Pf 分别为间作中油菜和蚕豆所占的面积比例, $Pr = 3/4$, $Pf = 1/4$; Y_{ir} 、 Y_{if} 分别代表间作总面积上油菜和蚕豆的产量; Y_{mr} 和 Y_{mf} 分别代表单作油菜和单作蚕豆的产量。当 $Arf > 0$, 表明油菜竞争能力强于蚕豆; 当 $Arf < 0$, 表明油菜竞争能力弱于蚕豆。

数据采用 SPSS17.0 软件进行统计分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 间作方式中不同施氮水平对作物产量的影响

表 1 表明, 油菜//蚕豆间作显著提高了油菜生物学产量, N_0 、 $N_{112.5}$ 、 N_{225} 、 $N_{337.5}$ 条件下, 间作分别提

高油菜生物学产量 50.4%、23.5%、9.8%、6.9%。随着氮肥施用量的增加, 油菜生物学产量显著提高, 但间作生物学产量优势减弱。经济产量的数据表明, 除了 N_0 水平外, 间作也显著提高了油菜和蚕豆的产量, 4 个氮水平条件下平均油菜产量提高 15.6%~44.5%, 蚕豆产量提高 12.1%~26%。随着氮肥施用量的增加, 单、间作油菜产量随之增加, 但与推荐施氮条件(N_{225}) 相比, 农民传统施氮水平没有提高油菜和蚕豆产量的趋势。说明在油菜//蚕豆间作方式中, 进行氮肥优化管理, 调控氮肥用量可以最大限度地发挥间作产量优势的形成。在 4 个氮水平条件下, 间作土地当量比 LER 均 > 1 , 范围为 1.14~1.67, 低氮($N_{112.5}$) 水平下, 间作产量优势较为突出, LER 达到最大值。

从表 1 还可以看出, 油菜//蚕豆间作方式中油菜对资源的竞争能力强于蚕豆, $Arf > 0$ 。间作产量优势的形成主要是由于间作显著提高了油菜的产量。在低氮($N_{112.5}$) 水平下, 间作油菜的竞争力最强, 显著高于其它施氮水平。推荐施氮(N_{225}) 和高氮 $N_{337.5}$ 条件下油菜相对于蚕豆其竞争力间没有差异。说明合理的氮肥施用量是间作产量优势形成的关键, 油菜//蚕豆间作方式中氮肥优化管理有利于最大限度地发挥间作作物充分利用各种资源的能力。

表 1 油菜//蚕豆间作条件下产量、土地当量比、种间竞争力的比较

Table 1 Comparison of yield, land equivalent ration (LER) and advantage in the rape//faba bean intercropping system

氮水平 N level	生物学产量 Biomass yield(kg/hm ²)				经济产量 Yield(kg/hm ²)				LER	Arf
	油菜 Rape		蚕豆 Faba bean		油菜 Rape		蚕豆 Faba bean			
	I	M	I	M	I	M	I	M		
N ₀	2289 d	1522 d	55119 b	44298 a	474 c	400 c	9920 b	8715 b	1.14 c	0.05 c
N _{112.5}	12244 c	9911 c	55138 b	34883 b	4267 b	2367 b	13353 a	10518 a	1.67 a	0.53 a
N ₂₂₅	16056 c	14622 b	69758 a	34883 b	4702 a	3133 a	13973 a	10518 a	1.46 ab	0.17 b
N _{337.5}	21456 a	20067 a	36316 c	34883 b	4839 a	3233 a	14207 a	10518 a	1.46 ab	0.15 b

注 (Note): I—间作 Intercropping; M—单作 Monocrop. 同列数据后不同字母表示处理间在 5% 水平上差异显著 The different letters within the same column mean significantly different at the 5% level.

2.2 间作方式中不同施氮水平对油菜氮吸收的影响

图 2 表明, N_0 、 $N_{112.5}$ 条件下, 间作均没有提高油菜茎叶氮吸收量的趋势。 N_{225} 、 $N_{337.5}$ 条件下, 氮吸收量表现为间作 $>$ 单作。间作方式中, 开花期前后油菜茎叶氮吸收量表现为间作第三行 $>$ 间作第一行, 至收获期茎叶氮吸收量变化趋势为间作第一行 $>$

第三行 $>$ 单作, 间作第一行平均比第三行茎叶氮吸收量高 14.7%、比单作茎叶氮吸收量高 17.1%。开花期前后, 随着氮肥施用量的增加, 单、间作油菜茎叶氮吸收量随之增加; 至收获期, 间作条件下茎叶氮吸收量变化趋势与开花期一致, 单作条件下不同施氮($N_{112.5}$ 、 N_{225} 、 $N_{337.5}$) 水平间没有差异。

油菜子粒氮吸收量的变化趋势与茎叶不同, 除

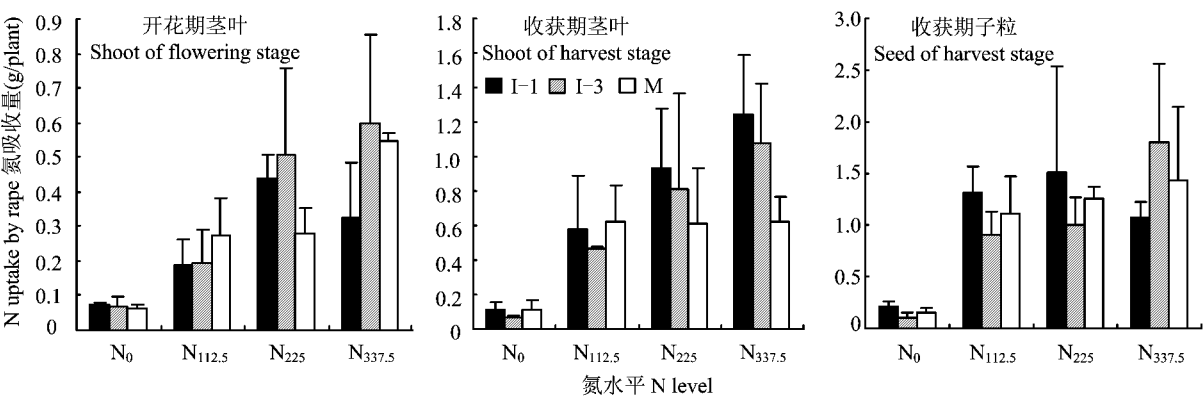


图2 油菜//蚕豆间作条件下不同氮水平对油菜氮吸收的影响

Fig.2 Effects of different N levels on N uptake by rape in the rape and faba bean intercropping system

[注 (Note): I-1—间作第一行 The first line of intercropping; I-3—间作第三行 The third line of intercropping; M—单作 Monocrop.]

农民习惯施肥($N_{337.5}$)水平外,间作均有提高油菜子粒氮吸收量的趋势,总体表现为间作第一行>单作>间作第三行。间作第一行平均比第三行子粒氮吸收量高7.1%、比单作高14.9%。

2.3 间作方式中不同施氮水平对油菜钾吸收的影响

从图3可以看出,除 $N_{112.5}$ 水平,间作具有提高油菜茎叶钾吸收量的趋势,总体呈间作第一行>第三行>单作的趋势,但差异均未达到显著水平。随着氮肥施用量的增加,间作油菜茎叶钾吸收量随之

增加, N_{225} 条件下钾吸收量达到最大值,农户习惯施肥水平 $N_{337.5}$ 钾吸收量没有提高。单作条件下,茎叶钾吸收量在 $N_{337.5}$ 水平下最高。

与子粒氮吸收量相同,在 N_0 , $N_{112.5}$ 和 N_{225} 水平下,钾吸收量表现为间作第一行>单作>间作第三行,农民习惯施肥($N_{337.5}$)水平下子粒钾吸收量为间作第三行>单作>间作第一行。单间作条件下,随着氮肥施用量的增加,子粒钾吸收量随之增加,推荐施氮 N_{225} 水平下单、间作钾吸收量最高,农户习惯施肥水平没有提高子粒钾吸收量的趋势。

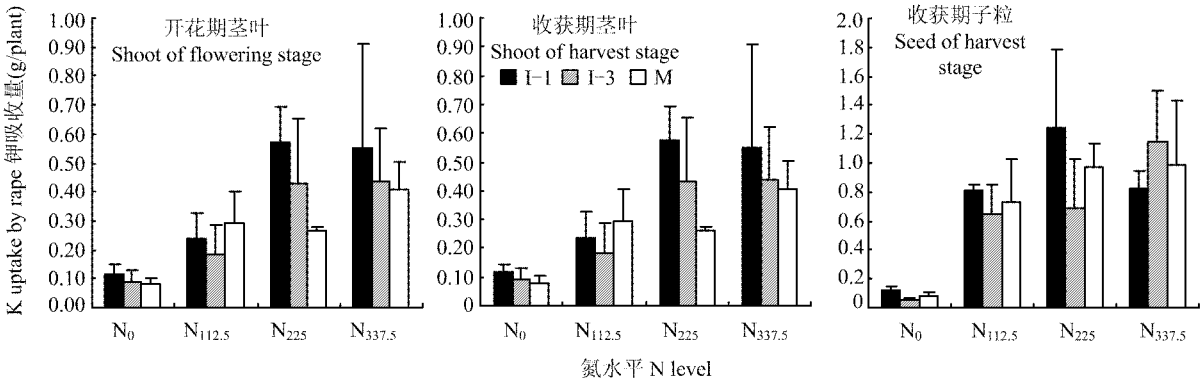


图3 油菜//蚕豆间作条件下不同氮水平对油菜钾吸收的影响

Fig.3 Effects of different N levels on K uptake by rape in the rape and faba bean intercropping system

[注 (Note): I-1—间作第一行 The first line of intercropping; I-3—间作第三行 The third line of intercropping; M—单作 Monocrop.]

2.4 间作方式中不同施氮水平下油菜氮、钾吸收分配特征

从表2可以看出,油菜//蚕豆间作有利于油菜氮素由营养器官(茎叶)向生殖器官(果实)的转移。不同氮水平条件下,单、间作油菜氮素养分分配规律不同。间作条件下,农民习惯施肥水平($N_{337.5}$)显著抑

制了氮素由营养器官向生殖器官的转移, N_0 , $N_{112.5}$ 和 N_{225} 水平下氮素分配没有差异,但 $N_{112.5}$ 水平更有利于氮素向果实中转移。单作条件下, N_0 水平氮素向生殖器官的转移受到抑制。 $N_{112.5}$ 水平下,更有利于氮素向生殖器官的转移。与推荐施氮相比,单作条件下增施氮肥也有利于氮素向生殖器官的转移。

钾素营养的分配规律与氮素不同,间作没有促进钾素营养向果实中转移的趋势。随着氮肥施用量的增加,钾素营养更多地分配在茎叶等营养器官中,

单、间作条件下趋势一致。从表2中还可以看出,过量施用氮肥显著抑制了钾素从营养器官向生殖器官的转移。

表2 不同施氮水平下单、间作油菜 N、K 营养分配特征(%)

Table 2 Characteristics of N and K deliveries of the mono and intercropping rapeseeds under different N levels

营养元素 Nutrient	氮水平 N level	茎叶 Shoot				果实 Seed			
		I-1	I-3	M	Mean	I-1	I-3	M	Mean
N	N ₀	34.6 c	41.4 b	57.0 a	44.3 A	65.4 a	58.6 b	43.0 c	55.7 B
	N _{112.5}	30.4 a	34.2 a	26.7 b	30.4 B	69.6 b	65.8 b	73.3 a	69.6 A
	N ₂₂₅	38.2 ab	44.8 a	47.9 a	43.6 A	61.8 a	55.2 ab	52.1 ab	56.4 B
	N _{337.5}	53.7 a	37.5 b	37.9 b	43.0 A	46.3 b	62.5 a	62.1 a	57.0 B
	Mean	39.2 a	39.5 a	42.4 a		60.8 a	60.5 a	57.6 a	
K	N ₀	51.9 c	69.6 b	33.8 d	51.8 B	48.1 b	30.4 c	66.2 a	48.2 A
	N _{112.5}	48.0 c	58.6 c	49.6 c	52.1 B	52.0 a	41.4 b	50.4 a	47.9 A
	N ₂₂₅	62.7 b	73.7 a	58.7 b	65.0 A	37.3 b	26.3 c	41.3 a	35.0 B
	N _{337.5}	74.3 a	64.4 b	71.7 a	70.1 A	25.7 b	35.6 a	28.3 b	29.9 C
	Mean	59.2 b	66.6 a	53.5 b		35.9 a	33.4 ab	39.5 a	

注 (note): I-1—间作第一行 The first line of intercropping; I-3—间作第三行 The third line of intercropping; M—单作 Monocrop. Mean—同一氮水平不同种植模式下的平均值或同一种种植模式4个氮水平下的平均值 Mean of N and K deliveries under different cropping system at the same N level or under four N levels at same cropping system. 表中不同小写字母表示不同种植模式间差异达5%显著水平,不同大写字母表示不同种植模式4个氮水平下的平均值差异达5%显著水平 Different small letters mean significant at the 5% level among the mono and intercropping rapeseeds, different capital letters mean significant at the 5% level among the four N levels.

3 讨论

禾本科//豆科间作方式中,禾本科为须根系、豆科为直根系,因此二者互补可以最大限度地发挥间作优势,尤其是间作氮素营养优势,最终表现为间作增产效应^[13]。在油菜//蚕豆间作方式中,油菜、蚕豆均为直根系,油菜在株高等生物学性状方面也不同于禾本科作物,因此根系间的互作乃至地上部、地下部的互作反馈调节机制均不同于豆科//禾本科间作方式。从本试验结果来看,油菜//蚕豆间作的产量优势和间作营养优势也较突出,油菜//蚕豆间作模式与豆科//禾本科间作模式在间作优势形成方面有何异同点,还需进一步探讨。

氮素供应水平直接影响作物的生物量大小,因此在本试验条件下,随着氮肥施用量的增加,氮、钾累积吸收量随之增加,主要是由于施氮提高了油菜地上部生物量。从4个施氮水平来看,推荐施氮即N₂₂₅条件下,单、间作物产量、氮、钾吸收量、间作产量优势及间作氮、钾营养优势最佳,因此在现有农户施氮水平的基础上,下调氮肥施用量而不影响作

物产量是可行的,具体的氮肥优化措施还需通过进一步的试验加以验证。

油菜//蚕豆间作方式中不同氮水平对间作产量优势形成的影响与豆科//禾本科间作方式中的研究是一致的。但间作氮、钾营养优势的影响与豆科//禾本科间作方式中的研究有所不同,尤其在高氮(N_{337.5})水平下,子粒氮、钾吸收量均表现为间作第三行>单作>间作第一行,这与其他研究结果是不同的,具体原因还有待进一步研究。

在油菜//蚕豆间作方式中,间作种植模式和施氮水平平均影响到油菜氮素营养的吸收、累积、分配;但钾素营养的吸收、累积、分配主要受氮素施用水平的影响。其原因可能是由于蚕豆具有固氮作用,油菜//蚕豆间作种植主要改变了间作田块的氮素营养供应条件,因此钾素营养的吸收受种植模式的影响较小。而氮肥施用主要影响作物的生物量,最终直接影响到作物氮、钾的吸收累积分配规律。所以在油菜//蚕豆间作方式中,合理施氮直接影响到间作的产量优势,并影响间作营养优势的形成及养分的吸收分配规律,故油菜//蚕豆间作方式中进行氮素

营养优化管理是十分必要的。

4 结论

1) 油菜//蚕豆间作具有显著的间作生物学产量及经济产量优势,随着氮肥施用量的增加间作产量优势减弱。间作平均提高油菜产量 15.6%~44.5%,提高蚕豆产量 12.1%~26%。不同施氮条件下,土地当量比(LER)=1.14~1.67,施氮 112.5 kg/hm²(N_{112.5})条件下,LER 最大,施氮 225 kg/hm²(N₂₂₅)条件下,作物产量最高。间作方式中油菜的竞争能力强于蚕豆。

2) 油菜//蚕豆间作提高了油菜地上部氮吸收量,其中间作第一行>间作第三行>单作,但间作没有提高钾吸收量的趋势。农民传统施氮(N_{337.5})条件下间作氮营养优势消失。随着氮肥施用量的增加,单、间作油菜茎叶氮吸收量随之增加,油菜子粒氮吸收量及地上部钾吸收量在推荐施氮(N₂₂₅)条件下达到最大值。

3) 油菜//蚕豆间作促进氮素营养由营养器官向生殖器官转移,但对钾素营养的分配没有影响。

参考文献:

- [1] Li L, Li S M, Sun J H, Zhou L L *et al.* Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus deficient soils[J]. PNAS, 2007, 104(27): 11192-11196.
- [2] 郑毅, 汤利. 间作作物的养分吸收利用与病害控制关系研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2008.
Zheng Y, Tang L. Research on nutrients utilization and diseases control of crops in intercropping[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2008.
- [3] 赵平, 郑毅, 汤利, 等. 小麦蚕豆间作施氮对小麦氮素吸收、累积的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 1-6.
Zhao P, Zheng Y, Tang L *et al.* Effect of N supply and wheat/faba bean intercropping on N uptake and accumulation of wheat[J]. Chin. J. Eco-Agric., 2010, 18(4): 1-6.
- [4] Li C Y, He X H, Zhu S S *et al.* Crop diversity for yield increase[J]. PLoS one, 2009, 4(11): 8049.
- [5] Henrik H N, Bjarne J, Julia K G *et al.* Legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems[J]. Renew. Agric. Food Syst., 2007, 23(1): 3-12.
- [6] 叶优良, 肖焱波, 黄玉芳, 等. 小麦/玉米和蚕豆/玉米间作对水分利用的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(3): 445-449.
Ye Y L, Xiao Y B, Huang Y F *et al.* Effect of wheat/maize and faba bean/maize intercropping on water use[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2008, 24(3): 445-449.
- [7] 李植, 秦向阳, 王晓光, 等. 大豆/玉米间作对大豆叶片光合特性和叶绿素荧光动力学参数的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 808-811.
Li Z, Qin X Y, Wang X G *et al.* Effect of intercropping with maize on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of soybean[J]. Soybean Sci., 2010, 29(5): 808-811.
- [8] Zhang L, Spiertz J H, Zhang S *et al.* Nitrogen economy in relay intercropping systems of wheat and cotton[J]. Plant Soil, 2008, 303: 55-68.
- [9] Song Y N, Zhang F S, Marschner P *et al.* Community composition of ammonia-oxidizing bacteria in the rhizosphere of intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.)[J]. Biol Fert. Soils, 2007, 44: 307-314.
- [10] 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.
Xiao Y B, Li L, Zhang F S. Nitrogen complementary use in intercropped wheat and faba bean[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2003, 9(4): 396-400.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [12] Willey R W. Intercropping-its importance and research needs. Part. competition and yield advantages[J]. Field Crop Abstr., 1970, 32(1): 1-10.
- [13] 肖靖秀. 多样性种植条件下的氮钾营养对作物病虫害发生的影响[D]. 云南: 云南农业大学硕士学位论文, 2005.
Xiao J X. Effects of nitrogen and potassium nutrition on diseases and pests occurrence of crops under diversified cultivation[D]. Kunming: MS Thesis, Yunnan Agricultural University, 2005.