

高寒地区芸豆氮肥与密度优化组合模式研究

杨广东¹, 胡尊艳¹, 王 强², 孟宪欣², 陈林祺¹

(1. 黑龙江省农业科学院克山分院, 黑龙江 克山 161606; 2. 黑龙江省农业科学院育种所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要: 以黑龙江省北部主栽芸豆品种英国红为试验材料, 分析了氮肥和密度对生育期、形态特征、产量、产量构成因素、商品与营养品质等方面的影响。结果表明: N 肥会显著增加各个生育时期和生育期的天数, 低密度时差异不显著, 超过 20 万株·hm⁻² 差异显著。单株荚数、单荚粒数和百粒重随着密度的增加而降低, 各氮肥处理间差异不显著; 芸豆的商品率随着密度的增大而降低; N 肥 45 kg·hm⁻² 和密度 10 万株·hm⁻² 的组合脂肪含量最大为 1.51%, 各处理间差异显著; 蛋白质最大值出现在 N 肥 60 kg·hm⁻² 和 10 万株·hm⁻² 的密度与氮肥组合上, 最大值为 14.55%, 与 N 肥 45 kg·hm⁻² 和 10 万株·hm⁻² 组合差异不显著, 与其它组合间差异显著; N30 kg·hm⁻² 和 20 万株·hm⁻² 组合产量最高, 为 3 418.56 kg·hm⁻², 与 N 肥 45 kg·hm⁻² 和 15 万株·hm⁻² 组合产量(3 417.46 kg·hm⁻²) 相当, 与其它组合间差异显著。综合种植的经济效益和品质分析, 最为理想栽培模式为 N 肥 45 kg·hm⁻² 和 15 万株·hm⁻² 组合。

关键词: 芸豆; 高寒地区; 氮肥; 种植密度; 产量; 品质

中图分类号: S506.2 **文献标志码:** A

Investigation on optimal mode of nitrogen and planting density for kidney bean in frigid region

YANG Guang-dong¹, HU Zun-yan¹, WANG Qiang², MENG Xian-xin², CHEN Lin-qi¹

(1. Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan, Heilongjiang 161606, China;

2. Crop Breeding Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

Abstract: To investigate the effects of nitrogen and planting density on field production, yield formation indexes, products and nutritional quality of kidney bean in north frigid region of Heilongjiang Province were studied. The result indicated that N fertilizer could significantly increase growth period and growth stage. The difference was not obvious by low density planting, while it reached significant level when the density was over 20×10^4 plants·hm⁻². Number of pods per plant, pods grain number and grain weight were reduced with the increase of the density. No significant differences were observed among different nitrogen treatments. Commodity rate of kidney bean became decreased with the increase of density. Maximal Fat value (1.51%) was reached by the combination of 45 kg·hm⁻² nitrogen and 10×10^4 plants·hm⁻² density. No significant differences were found among the different treatments. The maximal protein content (14.55%) was obtained through the combination of 60 kg·hm⁻² nitrogen and 10×10^4 plants·hm⁻² density. No significant differences were seen in this combination, whereas significant ones were found in other combinations. Bean yield reached the highest level of 3 418.56 kg·hm⁻² by 30 kg·hm⁻² nitrogen and 20×10^4 plants·hm⁻² density, which was similar to the yield by N 45 kg·hm⁻² and 15×10^4 (3 417.46 kg·hm⁻²) and was significantly different from other combinations. In conclusion, through the analyses of economic benefits and grain quality, the best cultivation mode is the combination of 45 kg·hm⁻² nitrogen and 15×10^4 plants·hm⁻² plant density.

Keywords: kidney bean; frigid region; nitrogen; plant density; yield; grain quality

芸豆营养丰富, 蛋白质含量高, 是我国主要出口的食用豆类之一^[1]。黑龙江省年出口芸豆 30 万 t, 占全国芸豆出口总数的 1/2 左右, 是我国最重要的芸豆生产省份之一^[2]。出口价格主要受产量和品质的影响, 而产量和品质形成受氮肥和密度的影响较大, 氮肥对红芸豆生育日数、单株荚数、单株粒重、百粒重和小区产量有极显著影响($P < 0.01$)^[3], 种植密度和施肥对芸豆产量影响显著, 呈现“低—高一低”的变化趋势, 在不同地区, 因品种、土壤、气候等原因, 种植密度、施肥的最佳取值范围和芸豆产量存

收稿日期: 2015-07-20
基金项目: 黑龙江省农业科技创新工程(2012ZD012); 齐齐哈尔市农业高效栽培攻关项目(NYGG-201314)
作者简介: 杨广东(1979—), 男, 黑龙江省肇源县人, 硕士, 副研究员, 主要从事杂粮育种与栽培技术研究。E-mail: ygdhouzhe2000@163.com。

在较大差异^[4]。宋谨同^[5-6]研究认为芸豆籽粒粗蛋白的含量随着施氮量的增加而增加,超过到一定量后,粗蛋白含量不再增加,杨亮^[7]研究认为芸豆籽粒随着施氮量的增加,粗蛋白、直连淀粉、支链淀粉和总淀粉的含量均增加,但是当氮肥用量达到一定量时,再增施氮肥反而造成芸豆粗蛋白和淀粉含量的降低。高运青^[8]认为氮磷钾施用量对产量的影响程度不同,对产量影响的顺序为:施氮量>施钾量>施磷量,但在二者互作方面有关的研究报道较少。本试验以黑龙江省北部主栽的中粒芸豆品种为材料,分析了氮肥和种植密度对芸豆大田产量、产量构成因素、商品与营养品质等方面的影响,为高产、优质的种植芸豆奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

品种为‘英国红’,粒色紫红,肾形,矮生直立,在黑龙江、内蒙古、河北、山西、陕西等省区广泛种植。

1.2 试验设计

试验于 2012—2014 年在黑龙江省农业科学院克山分院试验田进行。土壤基础肥力为:碱解氮 128.7 mg·kg⁻¹、有效磷 51.7 mg·kg⁻¹、速效钾 166.0 mg·kg⁻¹、全氮 0.1613 g·kg⁻¹、全磷 0.1516 g·kg⁻¹、有机质 3.54 g·kg⁻¹、pH6.2。设 15、30、45、60 kg·hm⁻² 4 个施氮水平,分别标记为 N15、N30、N45、N60,以含氮量 46.67% 的尿素折算到相关氮素水平。设 5 个密度处理,即 10、15、20、25、30 万株·hm⁻²,通过调整穴距和每穴留苗株数来实现计划密度。磷、钾用量相同,每公顷施过磷酸钙 100 kg、硫酸钾 50 kg。随机区组设计,5 行区,行长 5 m,行距 65 cm,小区面积 16.25 m²,3 次重复,肥料播前一次性施入,其他管理同一般生产田。

1.3 测定项目及方法

物候期及基本农艺性状:出苗期、分枝期、开花期、结荚期、成熟期、节数、荚长、茎粗、单株分枝数等,生育日数是指从出苗期到成熟期的天数。

产量性状:成熟期对每个小区进行称重测产。每小区各取 10 株,测定单株荚数、单荚粒数、单株粒重、百粒重。

营养品质测定:粗蛋白含量采用半微量凯式定氮法,粗脂肪含量采用残余法^[4]。

商品品质的测定:商品率(%) = 有商品价值的籽粒重/总商品价值的籽粒重 × 100%。均匀度测定方法:用籽粒重的极差来表示籽粒均匀度。选取最大籽粒和最小籽粒各 20 粒,分别称重,重复 5 次。极差 = 最大籽粒重 - 最小籽粒重。

1.4 数据统计分析

所得数据采用 Microsoft Excel 2003 进行数据整理,利用 DPSv7.05 软件进行数据方差分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥与密度互作对芸豆生育期和生育日数影响

由表 1 可知,氮肥、密度互作对芸豆生育期产生影响。各个处理间出苗期一致,从分枝期开始,随着密度、氮肥的增加,分枝期、开花期、结荚期和成熟期相应推迟,大约延迟在 4 d 左右。密度与氮肥存在着相互拮抗的作用,在 10~15 万株·hm⁻²密度的情况下,N 肥对芸豆的生育期影响不大,相差 1~2 d 左右。但达到 20 万株·hm⁻²密度后,N 肥会延迟生育日数 2~4 d。

2.2 氮肥与密度互作对芸豆产量及构成因素的影响

2.2.1 氮肥与密度互作对芸豆产量的影响 如图 1 所示,N30 和 20 万株·hm⁻²组合处理下英国红产量最高,为 3 418.56 kg·hm⁻²;其次为 N45 和 15 万株·hm⁻²组合,产量为 3 417.46 kg·hm⁻²,两个组合间差异不显著,与其它组合差异显著。不同处理间的趋势均呈单峰曲线变化。在 N15 和 N30 水平下,种植密度 20 万株·hm⁻²时英国红的平均产量最高,为 3 357.7 kg·hm⁻²,其次为 15 万株·hm⁻²的种植密度。在 N45 和 N60 处理下,种植密度 15 万株·hm⁻²时英国红的平均产量最高,为 3 316.41 kg·hm⁻²,其次为 20 万株·hm⁻²的种植密度。因此可以看出 N 肥、密度对产量的影响存在着拮抗作用,但无论氮肥如何变化,产量的最高值一直在 15 和 20 万株·hm⁻²之间变动,因此可以断定,在二者对产量的影响中,种植密度占据主导作用。从产量和成本分析,应以 15~20 万株·hm⁻²的栽培密度为主,N 肥水平保持在 N30~N45 水平为最佳组合处理。

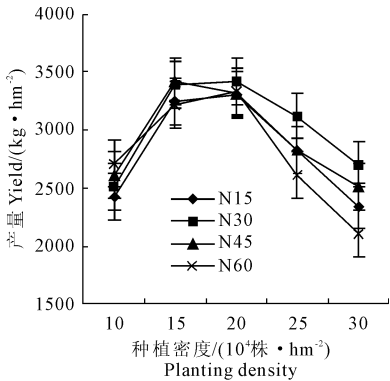


图 1 氮肥和密度对产量的影响

Fig.1 Effects of nitrogen and planting density on yield

2.2.2 氮肥密度互作对芸豆产量构成因素的影响

由表 2 可知,单株荚数、单荚粒数和百粒重随着密度的增加而降低。从方差分析来看,单株荚数和单荚粒数在 N15 ~ N45 水平下,各个密度间的处理其差异均达极显著水平 ($P < 0.01$),在 N60 水平下,10 ~ 15 万株·hm⁻²与 20 ~ 30 万株·hm⁻²之间的差异达

到极显著水平,而 20 ~ 30 万株·hm⁻²之间的差异不显著。而从百粒重的方差分析来看,N15 和 N60 的水平下各个密度处理间的百粒重差异极显著,N30 ~ N45 水平处理下,密度处理 10 ~ 15 万株·hm⁻²之间的差异不显著,与其他处理间的差异呈极显著水平。

表 1 氮肥和密度对芸豆生育期和生育时期的影响

Table 1 Effects of nitrogen and planting density on the growth stages of kidney bean								
N 肥用量 N amount	种植密度 Planting density /(万株·hm ⁻²)	播种期 Seeding time (M - d)	出苗期 Emergence time (M - d)	分枝期 Branching time (M - d)	开花期 Flowering time (M - d)	结荚期 Fruit time (M - d)	成熟期 Maturation time (M - d)	生育日数/d Reproduction days
N15	10	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 16	08 - 01	09 - 04	96
	15	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 16	08 - 01	09 - 04	96
	20	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 01	09 - 04	96
	25	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 03	09 - 04	96
	30	05 - 24	05 - 31	06 - 15	07 - 18	08 - 03	09 - 05	97
N30	10	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 16	08 - 01	09 - 04	96
	15	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 16	08 - 01	09 - 04	96
	20	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 03	09 - 04	96
	25	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 03	09 - 04	96
	30	05 - 24	05 - 31	06 - 15	07 - 18	08 - 03	09 - 05	97
N45	10	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 16	08 - 01	09 - 05	97
	15	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 03	09 - 05	97
	20	05 - 24	05 - 31	06 - 14	07 - 17	08 - 03	09 - 05	97
	25	05 - 24	05 - 31	06 - 16	07 - 18	08 - 05	09 - 07	99
	30	05 - 24	05 - 31	06 - 16	07 - 18	08 - 05	09 - 07	99
N60	10	05 - 24	05 - 31	06 - 13	07 - 18	08 - 01	09 - 06	98
	15	05 - 24	05 - 31	06 - 15	07 - 18	08 - 03	09 - 06	98
	20	05 - 24	05 - 31	06 - 15	07 - 20	08 - 05	09 - 08	100
	25	05 - 24	05 - 31	06 - 16	07 - 20	08 - 05	09 - 08	100
	30	05 - 24	05 - 31	06 - 16	07 - 20	08 - 07	09 - 08	100

2.2.3 氮肥与密度互作对英国红形态特征的影响

由图 2 可以看出,随着密度的增加,荚长、单株分枝数、茎粗和节数逐渐下降,不同施氮水平下,荚长差异不显著;单株分枝数和节数,低于 20 万株·hm⁻²密度,各氮肥处理间差异不显著,高于此密度后,N45 kg·hm⁻²和 60 kg·hm⁻²的单株分枝数和节数明显降低;茎粗,在低密度下随着施氮量的增加而增加,种植密度超过 20 万株·hm⁻²后,茎粗则呈下降趋势。

2.3 氮肥和密度对芸豆品质的影响

2.3.1 氮肥和密度对芸豆商品品质的影响 由图 3 可以看出,芸豆的商品率随着密度的增大而降低,籽粒均匀度随着种植密度的增大而增大,各密度处理间其差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。以 10 万株·hm⁻²的商品率最高,为 86.46%,比最低的 35 万

株·hm⁻²高出 19.41 个百分点。在氮肥处理过程中,以 N 60 kg·hm⁻²的商品率最低。处理间差异显著。粒重极差各个组合间差异显著。

2.3.2 氮肥和种植密度对芸豆的营养品质的影响

由表 3 可以看出,脂肪最大值出现在 N45 和密度 10 万株·hm⁻²的组合上,其最大值为1.51%,最小值出现在 N60 和 30 万株·hm⁻²的组合上,其最小值为 1.19%,各个处理间差异显著。从蛋白质的品质分析可以看出,其最大值出现在 N60 和 10 万株·hm⁻²的密度上,最大值为 14.55%,最小值出现在 N60 和 30 万株·hm⁻²的组合上,为 7.82%,各个处理间差异显著。综合各个分析来看,要想获得较好品质的芸豆,氮肥施用应该保持在 N45 水平上,密度保持在 15 ~ 20 万株·hm⁻²之间。

表 2 氮肥和密度对芸豆产量和产量构成因素的影响

Table 2 Effects of nitrogen and planting density on yield and yield component indexes

N 肥用量 N amount	密度 Density /(万株·hm ⁻²)	单株荚数 Siliques per plant/个	单荚粒数/粒 Seeds per silique	百粒重 Hundred seed weight/g	籽粒产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
N15	10	14.09bB	4.07bB	44.02bcCD	2418.65jHI
	15	13.28cC	3.84cC	43.59cDE	3245.96cdC
	20	11.24fF	3.61defCDE	41.32fFG	3296.84cdBC
	25	9.05iI	3.56efDEF	39.39gH	2826.35fE
	30	8.47kK	3.31hGH	37.88iJK	2352.36jI
N30	10	14.25bB	4.26aAB	45.21aAB	2519.56iGH
	15	13.33cC	4.06bB	44.22bCD	3396.68abAB
	20	11.92eE	3.73cdeCD	41.94eFG	3418.56aA
	25	10.23gG	3.53fDEFG	39.11gHI	3126.02eD
	30	8.12lK	3.28hHI	37.82iJK	2702.14gF
N45	10	14.52aA	4.23abAB	45.36aA	2615.23hFG
	15	13.41cC	4.08bB	44.55bBC	3417.46aA
	20	11.94eE	3.76CDed	42.06eF	3316.69bcABC
	25	9.78hH	3.48fgEFGH	39.01ghHI	2826.15fE
	30	7.92mKL	3.07iI	37.54ijKL	2514.38iGH
N60	10	14.55aA	4.35aA	45.44aA	2712.36gF
	15	12.46dD	4.21abAB	43.00dE	3215.36dCD
	20	11.81eE	3.64defCDE	41.23fG	3198.66bcABC
	25	8.66jJ	3.36ghFGH	38.49hIJ	2615.11hFG
	30	7.82mL	2.77jJ	37.00jL	2102.36kJ

注:表中不同的大(小)写字母表示 1%(5%)水平的差异显著性,下同。

Note: Different large (small) letters indicate differences at the significant levels of 1% (5%), and hereinafter.

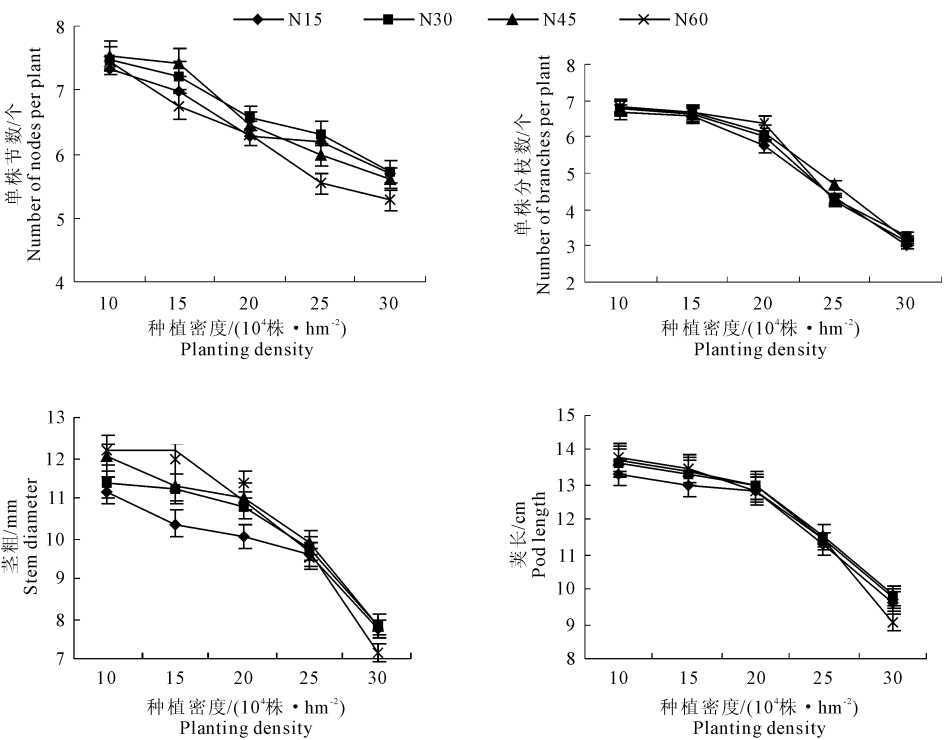


图 2 N 肥与密度交互对芸豆产量形成要素的影响

Fig.2 Effects of nitrogen and planting density on yield component indexes of kidney bean

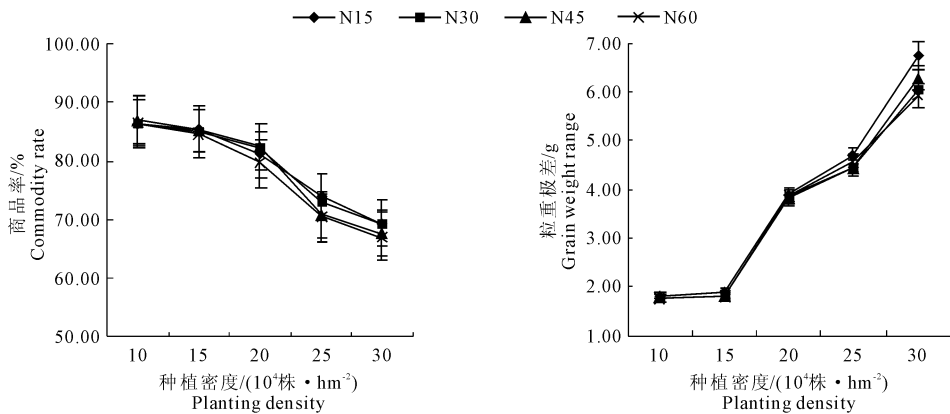


图 3 氮肥与密度互作对商品品质的影响

Fig.3 Effects of nitrogen and planting density on commodity quality of kidney bean

表 3 氮肥和密度对营养品质的影响

Table 3 Effects of nitrogen and density on nutritional quality			
N 肥 用量 N amount	密度 Density /(万株·hm ⁻²)	蛋白质 Protein /%	脂肪 Fat /%
N15	10	14.09bB	1.49abcAB
	15	13.28cC	1.48bcdABC
	20	11.24fF	1.44gDEF
	25	9.05iI	1.39iG
	30	8.47kK	1.26jH
N30	10	14.25bB	1.50abcAB
	15	13.33cC	1.48bcdABC
	20	11.92eE	1.45efCDE
	25	10.23gG	1.41hiFG
	30	8.12iK	1.27jH
N45	10	14.52aA	1.51aA
	15	13.41cC	1.48bcdABC
	20	11.94eE	1.46defCD
	25	9.78hH	1.42ghEFG
	30	7.92mKL	1.27jH
N60	10	14.55aA	1.50abAB
	15	12.46dD	1.48cdeBC
	20	11.81eE	1.43ghEFG
	25	8.66jJ	1.40iG
	30	7.82mL	1.19kI

3 讨 论

刘建国^[9]研究表明在适宜的密度下,通过扩大行距,减小株距,有利于优化群体结构,从而获得最佳产量。祝宝林^[10]认为,适宜黑龙江地区种植的 11 个芸豆优良品种的种植密度应保持在在 21 ~ 23 万株·hm⁻²,于晓秋^[11]认为紫花芸豆种植密度在 12 ~

15 万株·hm⁻²、播期 5 月 15 ~ 22 日之间。从本项研究分析,10 ~ 15 万株·hm⁻²密度下,N 肥对芸豆的生育期影响不大,相差 1 ~ 2 d 左右。但达到 20 万株·hm⁻²密度后,N 肥会显著增加各个生育时期和生育期的天数,除出苗期外,其他生育时期都相应推迟,大约推迟 2 ~ 4 d。

豆类根瘤由于早期处于构建阶段,向自身提供氮素能力有限,只能依靠田间施用氮肥来满足生长发育^[12],刘文钰等^[13]报道了大豆籽粒产量随着施氮量的增加呈现先增加后降低的趋势;而增大种植密度提高群体产量的同时,降低了单株荚数、单株粒数和单株粒重^[4]。杨广东等^[14]的研究表明,种植密度与芸豆产量呈抛物线关系,获得较高产量适宜种植密度应保持在 15 万 ~ 20 万株·hm⁻²,15 万株·hm⁻²时可获高产 2 875.67 kg·hm⁻²。随着氮肥施用量的增加,芸豆产量呈上升趋势。从本试验中可以看出芸豆的商品率随着密度的增大而降低,各个不同的密度处理间差异达到极显著水平。在氮肥处理中,以 N60 kg·hm⁻²商品率最低。脂肪最大值出现在 N45 和密度 10 万株·hm⁻²的组合上,其最大值为 1.51%,与其它组合间差异显著;蛋白质最大值出现在 N60 和 10 万株·hm⁻²的密度上,最大值为 14.55%,与 N60 和 10 万株·hm⁻²(蛋白质含量为 14.52%)组合差异不显著,与其它组合间差异显著。N30 和 20 万株·hm⁻²组合产量最高为 3 418.56 kg·hm⁻²,与 N45 和 15 万株·hm⁻²(产量为 3 417.46 kg·hm⁻²)组合差异不显著,与其他组合差异显著,从产量上分析,在芸豆栽培过程中,应以 15 ~ 20 万株·hm⁻²的栽培密度为主,N 肥水平保持在 N30 - N45 水平为最佳组合处理。

(下转第 145 页)

乔旭等^[11]的研究结果一直,但间作小麦群体内 CO₂ 浓度有所下降,这对小麦光合同化作用不利。距离树行越近,群体内平均 CO₂ 浓度减少,平均相对湿度越高,平均温度越低,这可能与树木能降低环境风速、林粮的 CO₂ 同化竞争和林下遮荫影响温湿度等有关^[12]。

4) 近树区产量显著低于远树区,是引起间作小麦产量降低的主要原因,这主要与近树区入射的光合有效辐射量不足造成叶片光合性能下降有关^[13]。间作对小麦产量构成因素影响的大小顺序为千粒质量 > 收获穗数 > 穗粒数,这与黄学芹等^[14]的研究结果不同,可能与间作区域的土壤质地、管理水平有关^[15]。

5) 与 6 m×4 m 模式相比,9 m×3 m 模式下间作小麦冠层的平均光照度和 CO₂ 浓度略高,而平均遮荫度、平均相对湿度和平均温度略低,单产也较之增加 22.67%,说明其综合小气候条件优于 6 m×4 m 模式点,是值得推广的核(桃)麦间作模式。

参 考 文 献:

[1] 李 婷. 新疆粮食安全及供需状况分析[J]. 新疆社科论坛, 2014, (4): 51-56.

[2] 乔 旭,赵 奇,雷钧杰,等. 核桃—小麦间作对小麦生长发育及产量形成的影响[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(4): 734-738.

[3] 张宏芝,陈兴武,雷钧杰,等. 施氮量对枣麦间作小麦光合速率、光合物质积累及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(12): 2157-2162.

[4] 祁 通,耿庆龙,孙九胜,等. 南疆枣—麦间作系统土壤养分空间分布特征[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(11): 1990-1995.

[5] 赵 英,张 斌,王明珠. 农林复合系统中物种间水肥光竞争机理分析与评价[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 1792-1801.

[6] 张立宇,董玉芝,陈 虹,等. 核(桃)农间作系统小气候水平分布特征研究[J]. 新疆农业大学学报, 2009, 32(3): 5-10.

[7] 段落溪,姜会飞. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2000.

[8] 宛敏渭,刘秀珍. 中国物候观测方法[M]. 北京: 科学出版社, 1979.

[9] 张立宇. 核(桃)农间作系统小气候效应的研究[D]. 新疆乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009.

[10] 安 煜. 核桃与小麦套作效应的调查研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2014.

[11] 乔 旭,雷钧杰,陈兴武,等. 核麦间作系统小气候效应及其对小麦产量的影响[J]. 中国农业气象, 2012, 33(4): 540-544, 554.

[12] 汪殿蓓,陈飞鹏,暨淑仪,等. 我国农林复合系统的实践与发展优势[J]. 农业现代化研究, 2002, 23(6): 418-420, 460.

[13] 张宏芝,陈兴武,赵 奇,等. 不同果麦间作模式下冬小麦冠层光分布和光合速率研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(10): 1799-1805.

[14] 黄学芹,董玉芝,朱小虎,等. 核桃与小麦间作系统中小麦产量的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(15): 181-185.

[15] Odhiambo H O, Ong C K, Deans J D, et al. Roots, soil water and crop yield: tree crop interactions in a semiarid agroforestry system in Kenya[J]. Plant and Soil, 2001, 235: 221-233.

(上接第 102 页)

从以上分析可以看出,N30 和 20 万株·hm⁻²产量最高,其次为 N45 和 15 万株·hm⁻²组合,但两个组合之间的产量差异很小(仅相差 1.1 kg·hm⁻²),而 N45 的处理下有利于蛋白质和脂肪的积累,综合种植的经济效益和品质分析,N45 和 15 万株·hm⁻²的组合最优,既能获得较高的产量,又能获得较好的商品品质和营养品质。

参 考 文 献:

[1] 陈云波,赵卫敏,桂 梅,等. 种植密度对水城白芸豆产量和品质的影响[J]. 种子, 2008, 27(3): 67-70.

[2] 王 强,张亚芝,魏淑红,等. 黑龙江省芸豆生产现状与产业化发展[J]. 中国种业, 2008, (4): 11-12.

[3] 畅建武,郝晓鹏,王 燕,等. 红芸豆氮磷钾肥效试验研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(15): 108-113.

[4] 孙学映,朱体超,陈光蓉,等. 种植密度和施肥对矮生芸豆产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(13): 3167-3170.

[5] 宋谨同. 氮肥用量对芸豆氮代谢关键酶活性及产质量影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.

[6] 宋谨同,赵宏伟. 氮肥用量对芸豆淀粉含量及产量的影响[J]. 作物杂志, 2010, (5): 76-79.

[7] 杨 亮,赵宏伟,宋谨同,等. 氮肥用量对芸豆叶绿素含量和子粒营养品质影响的研究[J]. 作物杂志, 2013, (1): 81-87.

[8] 高运青,徐东旭,尚启兵,等. 华北高寒区施肥量对芸豆产量和经济效益的影响[J]. 河北农业科学, 2012, 16(8): 28-30.

[9] 刘建国,李俊华,翟孟茹,等. 行距配置与密度对奶花芸豆群体冠层结构及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, (10): 147-149, 191.

[10] 祝宝林. 黑龙江垦区食用豆类新品种简介[J]. 现代化农业, 2002, (10): 22-23.

[11] 于晓秋. 芸豆高产栽培综合农艺措施数学模型的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2002, 14(4): 22-24.

[12] 乔秀平. 不同施氮水平对芸豆产量的影响[J]. 山西农业科学, 2014, 42(7): 694-696, 703.

[13] 刘文钰,雍太文,刘小明,等. 减量施氮对玉米—大豆套作系统中大豆根瘤固氮及氮素吸收利用的影响[J]. 大豆科学, 2014, 33(5): 705-712.

[14] 杨广东,张亚芝,魏淑红,等. 种植密度对粒用芸豆的产量及商品品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012, (12): 24-26.