

豫北地区夏玉米氮和磷吸收·积累和分配研究

张莹莹, 李永江, 卢道文, 宋俊乔, 董文恒, 孙海潮, 芦连勇, 牛永锋, 张晓辉, 张盼

(安阳市农业科学院, 河南安阳 455000)

摘要 [目的]研究豫北地区夏玉米氮和磷吸收、积累与分配。[方法]以具有高产潜力的玉米品种登海661为研究对象,研究3个不同处理玉米叶面积指数、生物量的动态变化,比较不同处理产量、氮吸收与利用、磷吸收与利用。[结果]行距60 cm、株距25 cm处理,行距40 cm、株距33 cm处理的干物质积累量、氮和磷积累量、群体产量均高于常规处理,且差异显著;尽管前2个处理的种植方式不同,但产量差异不显著。[结论]在种植密度相同的情况下,种植方式不同不会对产量产生显著差异。

关键词 夏玉米; 高产; 氮和磷; 积累; 转移

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)17-0052-04

Study on the Absorption, Accumulation and Distribution of Nitrogen and Phosphorus in Summer Maize in North Henan Province
ZHANG Ying-ying, LI Yong-jiang, LU Dao-wen et al (Anyang Academy of Agricultural Science, Anyang, Henan 455000)

Abstract [Objective] To study the absorption, accumulation and distribution of nitrogen and phosphorus in summer maize in North Henan Province. [Method] With Denghai 661 as the research materials, we researched the effects of three different treatments on the dynamic changes of maize leaf area index and biomass, and compared the yield, nitrogen absorption and utilization, and phosphorus absorption and utilization in different treatments. [Result] Treatment of 60 cm row spacing and 25 cm plant spacing, and treatment of 40 cm row spacing and 33 cm plant spacing showed higher dry matter accumulation, nitrogen and phosphorus accumulation, population yield than normal treatment, and there were significant differences. Although the former two treatments had different planting modes, but their yield showed no significant differences. [Conclusion] Under the same planting density, different planting mode did not produce significant differences in yield.

Key words Summer maize; High yield; Nitrogen and phosphorus; Accumulation; Transfer

玉米是我国重要的粮食作物,也是工业酒精的主要原料,在国民经济中发挥着重要的作用^[1]。近年来,我国的玉米种植面积呈上升的趋势,其单产和总产均得到大幅度提高,2012年种植面积和总产量均居全国第一位,已经超过水稻和小麦。随着工业化和城镇化的发展,耕地面积不断减少,肥料的不合理施用对我国粮食安全造成了重要影响^[2]。科学施肥是关键,近年来玉米在施肥方面出现了许多问题。由于缺乏肥料知识,有些农民对各种肥料的特点和作用不了解,盲目增施氮肥,以氮代磷、氮代钾,导致氮肥投入过多,而磷、钾投入不足,造成作物后期贪青晚熟、抗逆性减弱,严重影响了玉米产量^[3]。

玉米对氮肥反应十分敏感,施氮有极为显著的增产效果^[4]。研究表明,玉米单产水平的提高很大程度上依赖于氮肥的施用^[5-6]。氮肥的吸收、积累、分配特点是合理施肥的关键。陈国平^[7]研究发现干物质的积累曲线与玉米对氮的吸收积累曲线基本一致。刘景辉等^[8]发现玉米拔节前吸收氮量小、速度慢,拔节后吸收氮量迅速增加,速度明显加快,在一定范围内随着施氮量的增加吸收量也增加;灌浆后,玉米吸收氮速度开始下降。氮在作物体内的运转和再分配对玉米的生长发育以及籽粒的形成具有重要意义,研究发现玉米子粒中的氮绝大部分来自抽雄前茎、叶中积累氮的再转移,少部分来源于根系的直接供应^[9]。抽雄期前氮的积累对玉米子粒的形成具有至关重要的作用^[10-12]。

磷在玉米生产过程中承担着十分重要的作用。由于土

壤中的磷元素并不足以满足玉米等作物的需要,仍然需要使用磷肥以保证玉米的优质、高产。氮、磷肥施用会促进作物对氮的吸收,减少氮在土壤中的残留量^[13]。磷在整个生长期都影响着植物的新陈代谢,而磷的特殊重要性在植物开始生长期和花后籽粒形成的阶段尤为明显^[14]。研究表明,磷等肥料不仅是在产量方面,而且在玉米的品质等方面也有十分显著的影响。中国农业科学院土壤肥料研究所的研究人员开展了氮、磷和钾营养对优质玉米籽粒和营养品质影响的试验,结果显示施用氮、磷和钾营养对优质玉米籽粒产量和营养品质有明显的影响^[15]。

影响玉米产量的因素很多,包括叶面积指数,各阶段干物质的积累,玉米的氮、磷吸收特点等。其中,氮、磷是影响玉米产量最重要的矿质元素,合理运筹氮、磷肥是实现玉米高产、超高产的重要措施。鉴于此,笔者以具有高产潜力的玉米品种登海661为研究对象,研究了不同处理下玉米叶面积指数、生物量的动态变化,比较了不同处理产量、氮吸收与利用、磷吸收与利用,旨在科学合理地施用氮、磷肥以获得夏玉米高产。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试品种为紧凑大穗型玉米品种登海661。

1.2 试验设计 试验于2017年6—10月在安阳市农业科学院柏庄试验地进行。试验共设3个处理,每个处理共3次重复。

处理①:小麦收获后铁茬播种,行距60 cm,株距25 cm,密度75 000株/hm²,施有机肥(小鸡粪)15 000 kg/hm²,基施P₂O₅ 150 kg/hm²和N 225 kg/hm²,按基追比1:1施用2次,在大喇叭口期追施。在生长过程中,地表干就立即灌水追施磷酸二铵。

基金项目 河南省现代农业产业技术体系建设专项资金资助(S2015-02-G03)。

作者简介 张莹莹(1986—),女,河南滑县人,研究实习员,硕士,从事玉米遗传育种与种质资源创新研究。

收稿日期 2018-02-08

处理②:行距 40 cm,株距 33 cm,其他同处理①。

处理③(常规处理):行距 60 cm,株距 25 cm,密度 75 000 株/hm²,不施小鸡粪肥,均基施 P2O5 150 kg/hm² 和 N 225 kg/hm²,不施追肥。

小区宽 4.8 m,长 10.0 m。6 月 10 日播种,10 月 1 日收获。

1.3 测量项目及方法

1.3.1 干物质。拔节期、大喇叭口期、授粉、授粉后 10 d、授粉后 20 d 和收获期分别取整株代表性植株 2 株。分成茎、叶、苞叶、穗轴、籽粒 5 个部位,105 °C 杀青 30 min。80 °C 烘干至恒重称重,粉碎待测。

1.3.2 单株叶面积。取干物质时,分别测定每片叶片的长和宽,按公式单株叶面积(LA) = $\sum L \times W \times 0.75$ (校正系数) 计算。

1.3.3 叶面积系数(LAI)。LAI = 单株叶面积 × 单位土地面积的株数/单位土地面积。

1.3.4 氮含量。浓 H₂SO₄ + H₂O₂ 消煮,半微量凯氏定氮法测定。

1.3.5 磷含量。浓 H₂SO₄ + H₂O₂ 消煮,钒钼黄比色测定。

茎(叶)干物质的积累量 = 成熟期茎(叶)干物质 × 含量;

茎(叶)干物质的转移量 = 茎(叶)干物质积累峰值 - 成熟期茎(叶)干物质;

茎(叶)转移率(%) = $\frac{\text{茎(叶)最大干重} - \text{茎(叶)成熟时干重}}{\text{茎(叶)最大干重}} \times 100$;

茎(叶)对籽粒贡献率(%) = $\frac{\text{茎(叶)最大干重} - \text{茎(叶)成熟时干重}}{\text{籽粒干重}} \times 100$ 。

1.4 数据分析 采用 Excel 对数据做图;采用 DPS 7.05 进行方差统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理群体叶面积指数的动态变化 从图 1 可以看出,叶面积指数的变化总趋势呈单峰状态,最大值出现在授粉后 10 d,之后开始下降,且处理③的叶面积指数始终低于处理①和②。叶面积指数从拔节期开始迅速上升,在授粉后 10 d 左右达到峰值,处理①和②群体的峰值为 6.7 左右,而处理③群体的峰值为 6.0 左右。处理③群体与处理①、②群体的差异显著,而处理①和②之间差异不显著。收获时处理①和②群体叶面积指数分别为 3.89、3.69,而处理③群体的叶面积指数为 3.26。从群体的保绿性来看,处理①最高,处理②次之,处理③最低;其中处理①和②的差异不显著。

2.2 不同处理生物量动态变化 从图 2 可以看出,从苗期开始到拔节期干物质积累速度很慢,拔节到授粉速度均呈快速上升趋势,表现出直线增长趋势,处理①和②的增长速度没有显著差异,都大于常规处理。授粉后 10 d 到授粉后 20 d 的 3 个处理的干物质增长速度较慢,但是在授粉 20 d 到收获 3 个处理的干物质增长量呈快速增长趋势,收获时处理①和②的干物质积累量分别达到了 19 362.50、19 581.25 kg/hm²,差异不显著。处理③的产量明显低于处

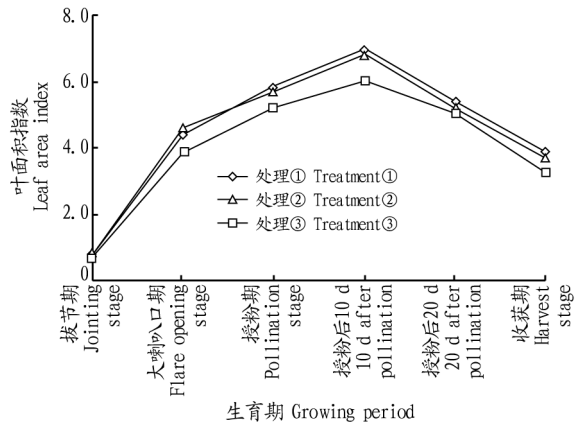


图 1 不同处理玉米叶面积指数变化

Fig. 1 Changes of maize leaf area index in different treatments

理①和②,为 17 293.75 kg/hm²,与另外 2 个处理之间差异显著。结果表明,在施用相同基肥的基础上,增施有机肥(小鸡粪肥)和大喇叭口期追施氮肥的处理①和②的玉米群体干物质积累量明显高于不施有机肥的处理③群体。

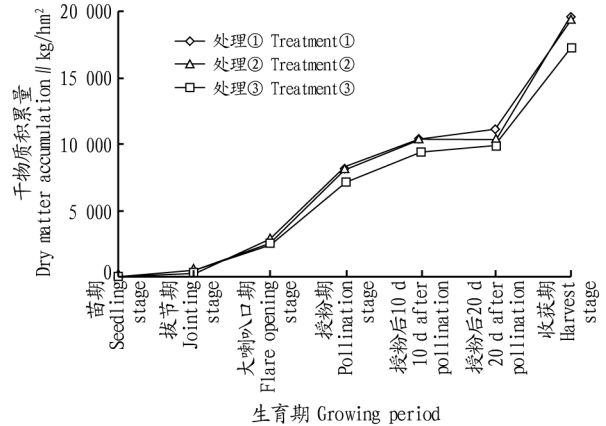


图 2 不同处理玉米生物量动态变化

Fig. 2 Changes of maize biomass in different treatments

2.3 不同处理氮吸收与利用比较

2.3.1 氮吸收与分配。从表 1 可以看出,同一夏玉米品种登海 661 在成熟期不同处理之间的氮积累量存在差异,基本趋势为处理① > 处理② > 处理③。各器官之间也存在一定的差异,基本趋势为籽粒 > 叶 > 茎,籽粒平均氮积累量为 2.33 g,叶平均氮积累量为 0.43 g,茎平均氮积累量为 0.22 g。同一器官的氮积累量总趋势为处理①和②高于处理③。授粉后,茎和叶中的氮开始向籽粒中转移,而且茎中的氮含量小于叶。在成熟期,氮分配率的趋势为籽粒 > 叶 > 茎。随着授粉开始,叶和籽粒中的氮开始向籽粒中转移,成熟籽粒中的氮积累量占单株氮积累量的 70% 以上。

2.3.2 氮转移与贡献率。从表 2 可以看出,叶的氮转移量高于茎。叶氮转移量中,处理③ > 处理① > 处理②。其中,处理③、①、②的叶氮转移量分别为 0.28、0.24、0.15 g,处理③与①之间差异不显著,处理②与处理③和①之间差异显著。处理①、②、③的茎氮转移量分别为 0.19、0.18、0.11 g,因此处理① > 处理② > 处理③。叶贡献率大于茎贡献率。

表1 不同处理玉米单株氮积累量与分配率比较

Table 1 Comparison of nitrogen accumulation amount and distribution rate per plant in different treatments

处理编号 Treatment code	茎 Stem		叶 Leaf		籽粒 Seed	
	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %
①	0.22 a	7.08	0.45 ab	14.17	2.49 a	78.74
②	0.23 a	7.29	0.49 a	15.50	2.43 a	77.21
③	0.21 a	8.16	0.34 b	12.99	2.07 b	78.85

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表2 不同处理玉米单株氮转移量与贡献率比较

Table 2 Comparison of maize nitrogen transfer amount and contribution rate per plant in different treatments

处理编号 Treatment code	茎 Stem		叶 Leaf	
	转移量 Transfer amount g/株	贡献率 Distribution rate//%	转移量 Transfer amount g/株	贡献率 Distribution rate//%
①	0.19 a	7.50	0.24 a	9.59
②	0.18 a	7.59	0.15 a	6.37
③	0.11 b	5.30	0.28 a	13.62

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表3 不同处理玉米单株磷积累量与分配率比较

Table 3 Comparison of phosphorus accumulation amount and distribution rate per plant in different treatments

处理编号 Treatment code	茎 Stem		叶 Leaf		籽粒 Seed	
	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %	积累量 Accumulation amount g/株	分配率 Distribution rate %
①	0.05 b	8.94	0.18 ab	29.92	0.36 a	61.14
②	0.05 b	8.20	0.20 a	32.92	0.36 a	58.88
③	0.06 a	12.82	0.14 b	28.65	0.29 b	58.53

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.4.2 磷转移与贡献率。从表4可以看出,处理①、②、③茎中磷的转移量分别为0.14、0.12、0.09 g,因此处理①>处理②>处理③。在玉米的成熟期磷主要来源于植株的营养器官,而处理③只施用基肥,未施用小鸡粪肥和追肥,因此在玉米的成熟期处理③的茎中磷的转移量虽小,但贡献率却较高。

表4 不同处理玉米单株磷转移量与贡献率比较

Table 4 Comparison of maize phosphorus transfer amount and contribution rate per plant in different treatments

处理编号 Treatment code	茎 Stem		叶 Leaf	
	转移量 Transfer amount g/株	贡献率 Distribution rate//%	转移量 Transfer amount g/株	贡献率 Distribution rate//%
①	0.14 a	39.30	0.07 a	18.95
②	0.12 b	31.50	0.02 b	6.05
③	0.09 c	29.59	0.05 ab	18.36

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

处理①、②、③叶中磷的转移量分别为0.07、0.02、0.05 g,因此处理①>处理③>处理②;处理①、②、③叶的磷贡献率分别为18.95%、6.05%、18.36%,因此处理①>处理③>处理②,处理③的贡献率和处理①相近。处理③的叶面积

2.4 不同处理磷吸收与利用比较

2.4.1 磷吸收与分配。由表3可知,不同处理之间存在一定的差异,基本趋势为处理②>处理①>处理③。在成熟期各器官中的磷积累量小于氮积累量。同时,各器官中的磷积累量存在差异,基本趋势为籽粒>叶>茎,处理①、②、③籽粒中的磷积累量分别为0.36、0.36、0.29 g,因此处理②=处理①>处理③;叶中磷的积累量为处理②>处理①>处理③。

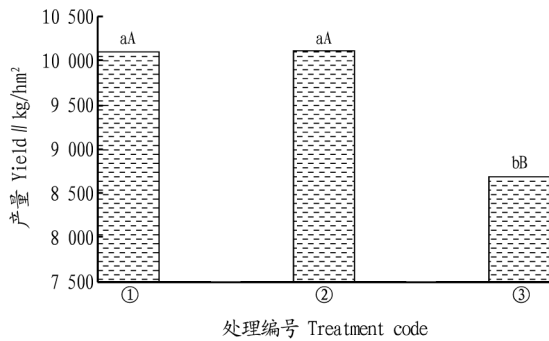
在成熟期,籽粒磷分配率最高,叶磷分配率次之,茎磷分配率最低。随着授粉开始,叶和籽粒中的磷开始向籽粒中转移,直至完全成熟时籽粒中的磷占总磷的50%~60%。

指数在玉米成熟期小于处理①和②,叶中的磷向籽粒中转移量大于处理①和②。

2.5 不同处理产量比较由图3可知,处理①和②的群体产量显著大于处理③。处理①比处理③高1419.90 kg/hm²,处理②比处理③高1428.23 kg/hm²。处理①和②的群体产量差异均不显著,说明2个处理的行距虽然不同(分别为60、40 cm),但是在种植密度相同的情况下处理①和②的群体产量差异不显著。

3 结论与讨论

生物量累积曲线与氮、磷养分累积曲线基本一致,都呈“S”型,氮、磷养分在播种后拔节—授粉和授粉后20 d—成熟2个阶段的累积量之和占总累积量的60%~90%,也是施肥的关键期,合理分配这2个阶段的氮、磷肥用量对产量形成至关重要^[16-17]。该试验条件下,养分累积量氮大于磷。不同时期夏玉米各器官的氮、磷吸收量、转移量与产量之间有明显的相关关系。大喇叭口期全株氮、磷吸收量与产量呈极显著正相关;授粉期全株、茎中的氮、磷吸收量与产量呈显著正相关;成熟期全株、叶片、籽粒中的氮、磷吸收量与产量呈显著正相关。同时,各器官中的氮、磷转移量与经济产量之间也有明显的相关关系,茎中氮、磷转移量与产量呈显著正相关。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 3 不同处理玉米群体产量比较

Fig. 3 Comparison of maize yield in different treatments

在该试验范围内,经济产量随着氮、磷吸收量的增加而增加,随着茎中氮、磷转移量的增加而增加。氮、磷吸收量与氮、磷转移量对经济产量起着决定性作用。处理①和②在播种前施用了小鸡粪肥,而且在大喇叭口期追施尿素,地表干就立即灌水追施磷酸二铵。处理③的群体干物质积累量、叶面积指数、群体产量都比处理①和②小。处理①和②的种植方式虽然不同(处理①行距 60 cm、株距 25 cm,处理②行距 40 cm、株距 33 cm),但是分析显示这 2 个处理的群体干物质积累动态、叶面积指数、氮磷积累变化、群体产量差别不大。这表明在种植密度相差不大和施用肥料相同的情况下,处理③单一施用化肥,不注意配施有机肥来改善土壤结构,会造成群体的产量低且籽粒中的氮、磷含量偏低。而处理①和②的干物质、叶面积指数、产量、氮磷吸收与分配差异不显著,

(上接第 51 页)

在配施有机肥的情况下这 2 个处理的产量比处理③高,使夏玉米登海 661 获得高产。

参考文献

- [1] 陈彦惠. 玉米遗传育种学[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1996:1-3.
- [2] DINNES D L, KARLEN D L, JAYNES D B, et al. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soil [J]. *Agron J*, 2002, 94(1): 153-171.
- [3] 王爱东. 萧县夏玉米生产中存在的问题及高产栽培技术[J]. *安徽农学通报*, 2007, 13(11): 118-120.
- [4] 陈范骏, 曹敏建, 陈艳茹. 玉米对氮素营养利用的遗传差异及其生理机制[J]. *沈阳农业大学学报*, 1998, 29(4): 314-318.
- [5] 陈范骏, 米国华, 刘建安, 等. 玉米自交系木质部伤流液中氮素形态差异及其与氮效率的关系[J]. *中国农业科学*, 1999, 32(5): 43-48.
- [6] 向春阳, 关义新, 凌碧莹, 等. 玉米氮素效率基因型差异的研究进展[J]. *玉米科学*, 2002, 10(1): 75-77.
- [7] 陈国平. 玉米的矿质营养和施肥技术(综述)[J]. *玉米科学*, 1992(00): 59-66.
- [8] 刘景辉, 刘克礼. 春玉米需氮规律的研究[J]. *内蒙古农牧学院学报*, 1994, 15(3): 12-18.
- [9] 姜佰文, 贾文凯, 王春宏, 等. 氮素调控对寒地玉米氮素积累及产量的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2010, 41(8): 33-36.
- [10] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1994: 469-482.
- [11] 金继运, 何萍. 氮钾营养对春玉米后期碳氮代谢与粒重形成的影响[J]. *中国农业科学*, 1999, 32(4): 55-62.
- [12] 易镇邪, 王璞, 申丽霞, 等. 不同类型氮肥对夏玉米氮素累积、转运与氮肥利用的影响[J]. *作物学报*, 2006, 32(5): 772-778.
- [13] IBRIKCI H, RYAN J, ULGER A C, et al. Maintenance of phosphorus fertilizer and residual phosphorus effect on corn production[J]. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 2005, 72(3): 279-286.
- [14] DENYER K, SMITH A M. The purification and characterisation of the two forms of soluble starch synthesis from developing pea embryos[J]. *Planta*, 1992, 186(4): 609-617.
- [15] 常淑艳, 张敬伟. 玉米施肥中存在的问题及解决途径[J]. *现代农业*, 2008(3): 25-26.
- [16] 吴春胜. 超高产玉米灌浆速率与干物质积累特性研究[J]. *吉林农业大学学报*, 2008, 30(4): 382-385.
- [17] 陈国平, 杨国航, 赵明, 等. 玉米小面积超高产创建及配套栽培技术研究[J]. *玉米科学*, 2008, 16(4): 1-4.

续表 4

处理 Treatments	株高 Plant height//cm	茎粗 Stem diameter//mm	穗位高 Ear height//cm	节间长 Internode length//cm	单株叶面积 Leaf area per plant//m ²
A ₃ B ₄	253.0 cB	187.5 abA	95.0 bcB	15.81 bcBC	2 399.5 kJ
A ₄ B ₁	259.0 abAB	187.4 bA	93.4 bcB	16.19 bB	2 798.3 eD
A ₄ B ₂	258.3 abAB	188.5 aA	91.4 cB	16.14 bBC	2 884.5 cB
A ₄ B ₃	242.3 eD	187.5 abA	95.5 bcAB	15.58 bcBC	2 765.8 fE
A ₄ B ₄	253.3 cB	187.5 abA	99.9 abAB	15.83 bcBC	2 500.8 iH
CK	260.8 aA	187.3 bA	101.2 aA	16.30 bB	3 027.3 aA

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$); 不同大写字母表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences at 0.05 level; different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

3 结论与讨论

该试验结果表明,不同化控剂在不同时期化控对玉米产量、形态结构的影响差异很大,如果化控剂选择不当,化控时期不适,会导致玉米减产和效益降低。此外,化控时间对玉米形态结构及产量的影响大于化控剂对玉米形态结构及产量的影响。

该试验条件下, A₃B₃(矮丰 11 叶期化控)处理效果最优,玉米的产量和效益明显提高,形态结构得到有效改善,为套作大豆创造了良好的通风透光生态环境,有利于玉米套作大豆实现高产高效。

参考文献

- [1] 雍太文, 董茜, 刘文钰, 等. 施氮方式对玉米-大豆套作体系下大豆根瘤

- 固氮、光合特性及产量的影响[J]. *大豆科学*, 2013, 32(6): 791-796.
- [2] 文熙宸, 王小春, 邓小燕, 等. 玉米-大豆套作模式下氮肥运筹对玉米产量及干物质积累与转运的影响[J]. *作物学报*, 2015, 41(3): 448-457.
- [3] 陈国鹏, 王小春, 蒲甜, 等. 玉米-大豆带状套作中田间小气候与群体产量的关系[J]. *浙江农业学报*, 2016, 28(11): 1812-1821.
- [4] 陈亚平. 四川套作大豆中后期田间管理关键技术[J]. *农业开发与装备*, 2014(1): 131.
- [5] 万燕, 杨文钰. 不同生长调节剂叶面喷施对套作大豆形态及产量的影响[J]. *大豆科学*, 2009, 28(1): 63-66.
- [6] 陈大清, 李亚男, 彭成林. 烯效唑对大豆生长特性和产量的影响[J]. *湖北农学院学报*, 2000, 20(2): 108-110.
- [7] 滕康开, 蔡世舫, 王五洲. 大豆喷施烯效唑的生物学效应及增产作用[J]. *安徽农业科学*, 2002, 30(5): 694-696.
- [8] 张明荣, 何泽民, 吴海英, 等. 玉米套作大豆模式复合群体高产高效优化配置技术研究[J]. *大豆科学*, 2012, 31(4): 575-578.