



李伟杰,王蕊,孙志玲,等.呼玛县大豆产量对土壤养分含量的响应[J].黑龙江农业科学,2024(11):13-18.

# 呼玛县大豆产量对土壤养分含量的响应

李伟杰<sup>1</sup>,王蕊<sup>1</sup>,孙志玲<sup>2</sup>,黄剑楠<sup>1</sup>,鄂文翌<sup>1</sup>,伊海龙<sup>1</sup>,蔡姗姗<sup>2</sup>,王伟<sup>2</sup>

(1.呼玛县农业技术推广中心,黑龙江 大兴安岭 165199;2.黑龙江省黑土保护利用研究院,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为指导大兴安岭地区呼玛县大豆生产区域科学施肥,通过调查呼玛县呼玛镇、白银纳乡、北疆乡、金山乡、鸥浦乡、三卡乡和兴华乡7个乡镇50户农户大豆产量及土壤养分含量,分析评价农户产量水平及基于产量的土壤养分含量状况,并进行多年多点田间试验数据统计分析,初步建立该区域养分分级指标体系。结果表明,农户大豆产量平均值为 $2\,052\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,产量处于很低( $<1\,050\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、较低( $1\,050\sim1\,650\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、中等( $1\,650\sim2\,250\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、较高( $2\,250\sim2\,850\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、很高( $\geq 2\,850\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )水平的农户数量占比分别为4%、10%、54%、30%和2%。土壤氮素(碱解氮)和磷素(有效磷)以相对产量75%、80%、90%和95%,钾素(速效钾)以相对产量80%、85%、90%和95%为界限划分为低、较低、中、较高和高5个肥力等级,调查区土壤碱解氮各等级占比分别为3.23%、6.45%、32.26%、38.71%和19.35%,土壤有效磷各养分等级占比分别为10.71%、14.29%、42.85%、17.86%和14.29%,土壤速效钾各养分等级数据占比分别为16.00%、12.00%、24.00%、24.00%和24.00%。NE-N处理大豆产量对土壤养分的依存率最高,为80.34%,氮素是影响大豆产量的关键因素。NE处理大豆产量对土壤养分的依存率最低,为73.94%。综上所述,合理施用氮磷钾能提高大豆产量,降低土壤养分的依存率,有利于培肥土壤。

**关键词:**呼玛县;大豆;产量;养分分级;依存率

氮、磷、钾是大豆生长发育所必需的营养元素,影响大豆干物质积累<sup>[1-2]</sup>,且氮、磷配施能显著增加作物干物质积累<sup>[3]</sup>。每生产100 kg大豆需吸收纯氮6.5 kg,五氧化二磷3.5 kg,氧化钾3.2 kg<sup>[4]</sup>。大豆具有自身固氮作用,但其自身固氮量只占需氮总量的50%~60%,因此需要通过施用氮肥来满足大豆生长发育对氮素的需求<sup>[5]</sup>。磷素对大豆生长发育具有重要作用,土壤中少部分磷可被大豆吸收利用<sup>[6]</sup>。增施磷肥能够促进根瘤生长,提高大豆固氮能力,进而提高大豆产量<sup>[7-9]</sup>。黑土速效磷含量高时,施用磷肥并不能显著提升大豆产量;速效磷含量较低时,施用磷肥能促进大豆产量提升<sup>[10]</sup>。钾肥能显著促进大豆生长发育,低钾胁迫下,产量下降<sup>[11]</sup>,适量施用钾肥可以提高大豆的产量<sup>[12-13]</sup>。

呼玛县属于大兴安岭地区,主要耕地土壤为黑土、暗棕壤和草甸土,现有耕地面积 $9.97\text{万 hm}^2$ ,是大兴安岭地区唯一以农业为主的行政县,所产高油大豆闻名全国。目前,养分供应不平衡是制约我国大豆增产的关键因素<sup>[14-15]</sup>。氮、磷、钾施用量不合理不仅会导致土壤养分不均衡,大豆产量下降<sup>[16]</sup>,降低肥料利用率,还会引起土壤退

化<sup>[17]</sup>。本研究以呼玛县调研区多年多点田间试验数据为依据,初步建立该区域养分分级指标体系,通过分析不同施肥水平下,大豆产量对土壤养分含量的依存率,以期为指导该区域科学施肥,优化氮、磷、钾配比,提高大豆产量,实现土壤可持续生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于大兴安岭东麓,黑龙江上游西南岸。属寒温带大陆性季风气候,气候特点是春季升温迅速,少雨;夏季温热多雨,但较短促;秋季降温急剧,霜早;冬季漫长寒冷<sup>[18]</sup>。日照充足,雨量丰富,年平均日照时数 $2\,529\text{ h}$ ,年降雨量 $300\sim 500\text{ mm}$ 之间,活动积温为 $1\,998.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[19]</sup>。

### 1.2 材料

大豆品种:黑河1778(呼玛镇、白银纳乡、北疆乡、金山乡、鸥浦乡、三卡乡、兴华乡);黑河34(呼玛镇)、黑河36(呼玛镇)、黑河25(呼玛镇)、北豆23(呼玛镇),栽培密度均为 $40\text{万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

供试肥料:尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%, $\text{P}_2\text{O}_5\text{ }46\%$ )、重过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5\text{ }46\%$ )、硫酸钾( $\text{K}_2\text{O }50\%$ )。

收稿日期:2024-06-24

基金项目:国家重点研发计划(2022YFD1500903-03);国家大豆产业技术体系。

第一作者:李伟杰(1986—),男,硕士,高级农艺师,从事土壤肥料和大豆种植栽培研究。E-mail:15804570731@163.com。

通信作者:王伟(1983—),男,硕士,副研究员,从事植物营养学研究。E-mail:wangwei123873@163.com。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 2007—2021 年呼玛县呼玛镇、白银纳乡、北疆乡、金山乡、鸥浦乡、三卡乡、兴华乡 7 个乡镇 50 户农户大豆田进行田间试验。试验共设 5 个处理,分别为 CK(不施肥)、NE(优化施肥)、NE-N(不施氮肥)、NE-P(不施磷肥)、NE-K(不施钾肥),播种前肥料按底肥方式一次性条施,具体养分投入量如表 1 所示。

表 1 养分投入量 单位:kg·hm <sup>-2</sup>			
处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CK	0	0	0
NE	45	60	75
NE-N	0	60	75
NE-P	45	0	75
NE-K	45	60	0

1.3.2 测定项目及方法 土壤养分含量:大豆收获后测定土壤养分含量,有机质测定采用重铬酸钾容量法-外加热法;碱解氮测定采用 1.0 mol·L<sup>-1</sup> NaOH 扩散法;有效磷测定采用 0.5 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub> 浸提-钼锑抗比色法;速效钾测定采用 1.0 mol·L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>OAc 浸提-火焰光度法<sup>[20]</sup>。

大豆成熟后,对各调研点实收计产,获得籽粒产量。

将相对产量大于 100%、相对产量高而土壤测值过低等理论与实际不符的数据剔除<sup>[21]</sup>,按照 75%置信区间,对土壤养分依存率数据进行统计分析。

土壤养分依存率(%)=不施肥区产量/优化施肥区产量×100

相对产量(%)=缺素区产量/优化施肥区产量×100

1.3.3 产量分级标准 按照 95%置信区间,呼玛县大豆产量介于 1 050~2 850 kg·hm<sup>-2</sup>之间,对产量求极差,将产量从 1 050~2 850 kg·hm<sup>-2</sup>取整分为 5 个等级:<1 050 kg·hm<sup>-2</sup>,很低;1 050~1 650 kg·hm<sup>-2</sup>,较低;1 650~2 250 kg·hm<sup>-2</sup>,中等;2 250~2 850 kg·hm<sup>-2</sup>,偏高;≥2 850 kg·hm<sup>-2</sup>,很高。

1.3.4 养分丰缺指标的划分 土壤养分丰缺指标的建立,以 2014—2023 年大豆相对产量和试验点土壤速效养分测试结果为依据,剔除相对产量大于 100%、相对产量高而土壤测值过低等理论与实际不符的数据<sup>[21]</sup>。

将缺素区产量与优化施肥区产量相比较以计算相对产量,如:缺氮的相对产量(%)=(处理 NE-N 产量/处理 NE 产量)×100,以对方程获

得相对产量与对应土壤速效养分含量之间的数学关系式。方程经检验达到极显著水平后,将各养分分级界限的相对产量代入关系式,计算出对应的土壤养分含量,即可得到分土壤养分分级指标。

孙景玲等<sup>[22]</sup>将土壤氮素(碱解氮)以相对产量 75%、80%、85%和 90%,磷素(有效磷)和钾素(速效钾)以相对产量 75%、85%、90%和 95%为界限划分为低、较低、中、较高和高 5 个肥力等级;佟玉欣等<sup>[23]</sup>将土壤速效氮以相对产量 <65%、65%~70%、70%~75%、75%~80%和 ≥80%,土壤速效磷、速效钾以相对产量 <75%、75%~80%、80%~85%、85%~90%和 ≥90%划分为极低等、低等、中等、高等和极高 5 个肥力等级。王志刚等<sup>[24]</sup>土壤碱解氮以相对产量 75%~80%、80%~85%、85%~90%、90%~95%和 ≥95%,有效磷、速效钾以相对产量 70%~80%、80%~85%、85%~90%、90%~95%和 ≥95%划分为极低、低、中、高和极高 5 个肥力等级。结合本区土壤实际情况,土壤碱解氮以相对产量 75%、80%、90%、95%为分级界限,土壤有效磷以相对产量 75%、80%、90%、95%为分级界限,土壤速效钾以相对产量 80%、85%、90%、95%为分级界限,参考戢林等<sup>[25]</sup>的分级命名,将土壤养分划分为低、较低、中、较高和高 5 个等级,如:土壤碱解氮以相对产量 <75%为低级,75%~80%为较低,80%~90%为中级,90%~95%为较高,≥95%为高级。

1.3.5 数据处理 使用 Excel 2021、Origin 2021 对数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 呼玛县土壤主要养分含量概况

依据《东北区耕地质量监测主要指标分级标准》<sup>[26]</sup>,呼玛县土壤主要养分含量分级详见表 2 和表 3。土壤有机质含量在 20.0~70.0 g·kg<sup>-1</sup>之间,平均值为 34.7 g·kg<sup>-1</sup>,主要集中在 2 级(较高)和 3 级(中)区间,有机质含量较丰富。土壤碱解氮含量在 71~315 mg·kg<sup>-1</sup>之间,平均值为 213 mg·kg<sup>-1</sup>,主要集中在 1 级(高)和 2 级(较高)区间,碱解氮含量较高。土壤有效磷含量在 12.6~96.2 mg·kg<sup>-1</sup>之间,平均值为 52.4 mg·kg<sup>-1</sup>,主要集中在 1 级(高)和 2 级(较高)区间,有效磷含量高。土壤速效钾含量在 22~327 mg·kg<sup>-1</sup>之间,平均值为 144 mg·kg<sup>-1</sup>,主要集中在 3 级(中)和 4 级(较低)区间,速效钾含量处于中级水平。土壤 pH 在 5.1~6.9 之间,平均值为 5.9,呈弱酸性。

表 2 呼玛县土壤养分含量分级

养分	等级	养分含量	占比/%	平均值	最大值	最小值	变异系数/%	总样本数
有机质/(g•kg <sup>-1</sup> )	1 级(高)	>40.0	27.08	34.7	70.0	20.0	31.37	48
	2 级(较高)	30.0~40.0	31.25					
	3 级(中)	20.0~30.0	39.58					
	4 级(较低)	10.0~20.0	2.09					
	5 级(低)	≤10.0	0.00					
碱解氮/(mg•kg <sup>-1</sup> )	1 级(高)	>250	31.25	213	315	71	29.98	48
	2 级(较高)	190~250	31.25					
	3 级(中)	140~190	25.00					
	4 级(较低)	90~140	8.33					
	5 级(低)	≤90	4.17					
有效磷/(mg•kg <sup>-1</sup> )	1 级(高)	>40.0	70.45	52.4	96.2	12.6	36.45	44
	2 级(较高)	30.0~40.0	18.18					
	3 级(中)	20.0~30.0	6.82					
	4 级(较低)	10.0~20.0	4.55					
	5 级(低)	≤10.0	0.00					
速效钾/(mg•kg <sup>-1</sup> )	1 级(高)	>200	25.00	144	327	22	55.64	48
	2 级(较高)	150~200	12.50					
	3 级(中)	100~150	27.08					
	4 级(较低)	50~100	29.17					
	5 级(低)	≤50	6.25					

表 3 呼玛县土壤 pH 分级

分级	范围	占比/%	平均值	最大值	最小值	变异系数/%	总样本数
碱性	≥8.5	0.00	5.9	6.9	5.1	6.47	48
弱碱性	7.5~8.5	0.00					
中性	6.5~7.5	10.42					
弱酸性	5.5~6.5	79.17					
酸性	<5.5	10.42					

2.2 呼玛县大豆产量

调研区大豆平均产量为 2 052 kg•hm<sup>-2</sup>(表 4)。在大豆产量水平农户分级中,产量处于很低水平的占 4%,较低水平的占 10%,中等水平的占 54%,较高水平的占 30%,很高水平的占 2%,说明调研区大豆产量处于中等偏高水平。

表 4 不同大豆产量等级农户百分比及其平均产量

产量等级	产量范围/(kg•hm <sup>-2</sup> )	样本数	占比/%
很低	<1050	2	4
较低	1050~1650	5	10
中等	1650~2250	27	54
较高	2250~2850	15	30
很高	≥2850	1	2
平均产量	2052		

2.3 养分分级指标体系的建立

2.3.1 氮素养分分级指标的建立 由图 1 所示,将 31 个缺氮区相对产量与(y)土壤碱解氮含量(x)进行拟合,所得对数方程为  $y=21.766 \ln(x)-27.021$ ,相关系数为 0.574 3,达极显著水平。通过方程求得相对应的碱解氮含量值,土壤碱解氮含量最小值为 108.5 mg•kg<sup>-1</sup>,最大值为 272.1 mg•kg<sup>-1</sup>。以相对产量 75%、80%、90%、95%为划分标准,将土壤碱解氮含量划分为低(<108.5 mg•kg<sup>-1</sup>)、较低(108.5~136.6 mg•kg<sup>-1</sup>)、中(136.6~216.2 mg•kg<sup>-1</sup>)、较高(216.2~272.1 mg•kg<sup>-1</sup>)、高(≥272.1 mg•kg<sup>-1</sup>)共 5 个肥力等级。各养分等级数据占比分别为 3.23%、6.45%、32.26%、38.71%和 19.35%。

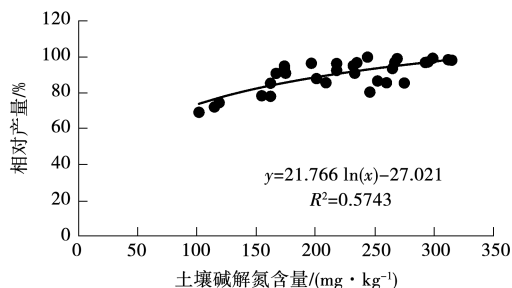


图1 土壤碱解氮含量与大豆相对产量的相关关系

2.3.2 磷素养分分级指标的建立 由图2可知,将28个缺磷区相对产量( $y$ )与土壤有效磷含量( $x$ )进行拟合,所得对数方程为  $y = 19.761 \ln(x) + 8.2803$ ,相关系数为0.6875,达极显著水平。通过方程求得相对应的有效磷含量值,土壤有效磷含量最小值为  $29.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,最大值为  $80.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。以相对产量75%、80%、90%、95%为划分标准,将土壤有效磷含量划分为低( $<29.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、较低( $29.3 \sim 37.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、中( $37.7 \sim 62.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、较高( $62.5 \sim 80.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、高( $\geq 80.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )共5个肥力等级。各养分等级数据占比分别为10.71%、14.29%、42.85%、17.86%和14.29%。

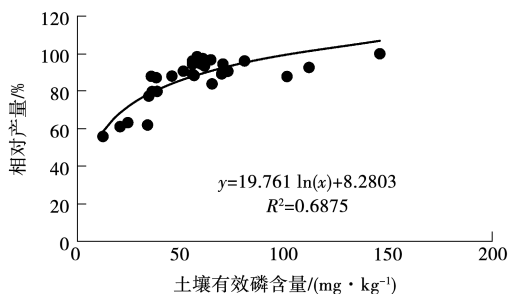


图2 土壤有效磷含量与大豆相对产量的相关关系

2.3.3 钾素养分分级指标的建立 由图3可知,将25个缺钾区相对产量( $y$ )与土壤速效钾含量( $x$ )进行拟合,所得对数方程为  $y = 13.823 \ln(x) + 23.295$ ,相关系数为0.7058,达极显著水平。通过方程求得相对应的速效钾含量值,土壤速效钾含量最小值为  $60.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,最大值为  $179.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。以相对产量80%、85%、90%、95%为划分标准,将土壤速效钾含量划分为低( $<60.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、较低( $60.5 \sim 86.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、中( $86.8 \sim 124.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、较高( $124.7 \sim 179.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、高( $\geq 179.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )共5个肥力等级。各养分等级数据占比分别为16.00%、12.00%、24.00%、24.00%和24.00%。

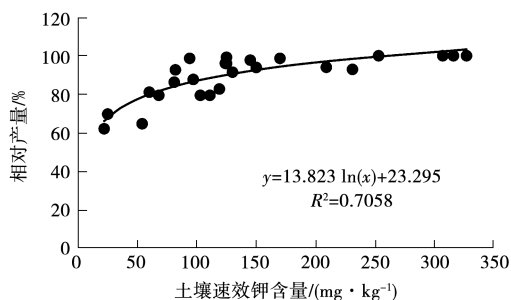


图3 土壤速效钾含量与大豆相对产量的相关关系

## 2.4 大豆产量对土壤养分的依存率

由图4可知,不同处理下,大豆产量对土壤养分的依存率存在差异。缺素处理下,大豆产量对土壤氮、磷、钾的平均依存率分别为80.34%、78.78%和79.08%;NE处理大豆产量对土壤养分的平均依存率为73.94%。与NE处理相比,NE-N处理、NE-K处理和NE-P处理大豆产量对土壤养分的依存率分别提高8.65%、6.54%和6.95%。

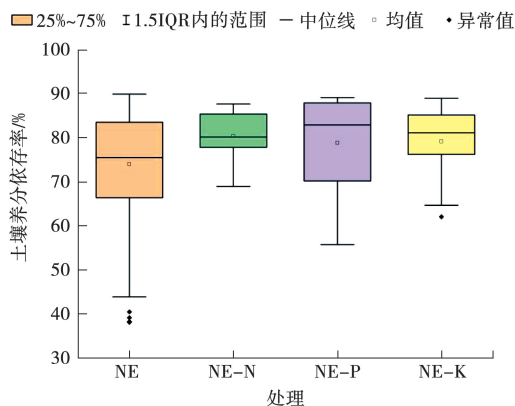


图4 大豆产量对土壤养分的依存率

## 3 讨论

大豆产量对土壤养分的依存率在70%以上,说明大豆产量所需的养分主要来源于土壤,这与周孚美等<sup>[27]</sup>研究结果一致。缺磷显著影响大豆植株对其他养分的吸收,产量下降<sup>[28-29]</sup>。严君等<sup>[30]</sup>指出,寒地地区,土壤肥力较高,但土壤磷有效性差。呼玛县属于寒温带,年平均气温低,虽然有效磷含量高,但土壤磷的有效性低。因此,大豆产量对土壤磷的依存率较低。

合理的氮磷钾配比能促进大豆生长发育,增加干物质积累,提高产量<sup>[31-32]</sup>。该区域土壤氮素分布于各个等级中,土壤供氮能力存在差异,农户氮肥施用量均为  $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,导致大豆产量水平



偏低与偏高并存。同时高水平产量的出现,即产量 $\geq 2\ 850\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的农户占2%,说明调研区大豆产量具有很大提升空间。目前大豆生产中普遍存在一些题,农民不了解大豆需肥规律,选用速效性肥料,且采取“一炮轰”施用方法,导致大豆生长后期氮素营养不足,产量下降。蔡姗姗等<sup>[33]</sup>指出,在开花期与结荚期,大豆需氮量高,需要追加氮肥。在实际生产中,农户可采取追肥或施用缓控释肥料等措施来满足大豆生长后期对氮素的需求。

调研区大豆产量对土壤养分的依存率因施肥不同而存在差异,优化施肥(NE处理)能降低大豆产量对土壤养分的依存率,合理施用氮、磷、钾既有利于提高大豆产量,又有利于培肥土壤。NE-N处理下,大豆产量对土壤养分的依存率最高,氮素是影响大豆产量的关键因素,当土壤供氮能力不足时,不施氮肥不能满足大豆生育期对氮素的需求,产量下降。施肥是提高作物产量和培肥土壤的关键措施<sup>[34]</sup>。低肥力区域适当增加化肥施用量,高肥力区域反之,实现减肥增效,提高肥料利用率<sup>[25]</sup>。随着产量提升,土壤养分移出量增加,为了维持该区域作物高产和土壤肥力,养分投入应不低于作物移出。可见,研究不同肥力等级的最佳施肥量对该区域土壤可持续生产具有重要意义。

## 4 结论

呼玛县大豆产量平均值为 $2\ 052\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,产量水平处于中等偏高,且大豆产量对土壤所需养分主要来源于土壤。大豆产量对土壤养分的依存率因施肥不同存在差异,优化施肥能提高大豆产量,降低对土壤养分的依存率,有利于培肥土壤。大豆产量对土壤氮的依存率最高,土壤磷的依存率较低,在生产实践中,要合理施用氮肥和磷肥。

氮、磷以相对产量75%、80%、90%、95%为分级界限,氮划分为低( $<108.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较低( $108.5\sim 136.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、中( $136.6\sim 216.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较高( $216.2\sim 272.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、高( $\geq 272.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )5个肥力等级,调查区土壤碱解氮各等级占比分别为3.23%、6.45%、32.26%、38.71%和19.35%;磷划分为低( $<29.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较低( $29.3\sim 37.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、中( $37.7\sim 62.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较高( $62.5\sim 80.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、高( $\geq 80.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )5个肥力等级,土壤有效磷各养分等级占比分别

为10.71%、14.29%、42.85%、17.86%和14.29%。钾素以相对产量80%、85%、90%、95%将土壤供钾能力划分为低( $<60.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较低( $60.5\sim 86.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、中( $86.8\sim 124.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、较高( $124.7\sim 179.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、高( $\geq 179.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )5个肥力等级,土壤速效钾各养分等级数据占比分别为16.00%、12.00%、24.00%、24.00%和24.00%。

## 参考文献:

- [1] 张霞. 玉米-大豆带状套作的物质产出、养分积累及经济效益研究[D]. 成都:四川农业大学,2014.
- [2] 王政,高瑞凤,姜涛,等. 氮磷钾肥施对大豆产量的影响研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2008,25(2):131-134.
- [3] 任建锐. 氮磷施肥对间作大豆物质积累及氮磷吸收利用的影响[D]. 成都:四川农业大学,2019.
- [4] 宋秀丽. 不同氮肥施用量对大豆生长状况的影响[J]. 黑龙江农业科学,2015(6):39-42,43.
- [5] 李小为. 大豆生长中土壤与肥料的功能作用[J]. 大豆通报,2004(4):20-21.
- [6] 张鹏. 不同养分管理措施对土壤磷素形态及有效性的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2019.
- [7] 华利民. 氮、磷、钾肥配方施用对大豆产量及经济效益的影响[J]. 杂粮作物,2003,23(3):174-175.
- [8] 苗淑杰,乔云发,韩晓增. 大豆结瘤固氮对磷素的需求[J]. 农业系统科学与综合研究,2006,22(4):276-278,282.
- [9] SALGADO F H M, de SOUSA MOREIRA F M, PAULINO H B, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhizal stimulant affect dry matter and nutrient accumulation in bean and soybean plants[J]. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2016, 46(4): 367-373.
- [10] FERGUSON R B, SHAPIRO C A, DOBERMANN A R, et al. Fertilizer recommendations for soybean[M]. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska Lincoln, 2003.
- [11] 李宁. 低钾对不同基因型大豆产量的影响[J]. 现代农业科技,2015(12):25-26.
- [12] 周涛,徐开未,王科,等. 麦-豆和麦/玉/豆体系中大豆的磷肥增产增效作用研究[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):336-345.
- [13] 曾玲玲,张兴梅,朱洪德,等. 钾肥对大豆产量和土壤养分的影响[J]. 土壤通报,2009,40(6):1381-1384.
- [14] ABBASI M K, TAHIR M M, AZAM W, et al. Soybean yield and chemical composition in response to phosphorus-potassium nutrition in Kashmir[J]. Agronomy Journal, 2012, 104(5): 1476-1484.
- [15] 马泉,王亚华,王梦尧,等. 缓控释肥的发展应用与评价体系研究进展[J]. 江苏农业科学,2020,48(18):24-29.
- [16] 李跃飞,李彬,陶加乐,等. 氮磷钾不同配比对甘蓝产量和品质的影响[J]. 北方农业学报,2020,48(1):65-69.
- [17] 章明清,李娟,章赞德,等. 基于农学效应的露地蔬菜氮磷钾推荐施肥量研究[J]. 福建农业学报,2018,33(10):

- 1023-1029.
- [18] 扎兰屯市人民政府. 自然地理[EB/OL]. (2022-06-07) [2024-01-13]. <https://www.zhalantun.gov.cn/news/show/672785.html>. 2022-06-07.
- [19] 赵慧颖. 内蒙古呼伦贝尔市林牧农业气候资源与区划[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 张连云. 基于“3414”试验的土壤氮磷钾丰缺指标制定与应用研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.
- [22] 孙景玲,魏丹,马星竹,等. 黑龙江省黑土区大豆测土配方施肥指标体系的建立[J]. 大豆科学,2013,32(4):512-516.
- [23] 佟玉欣,李玉影,刘双全,等. 黑龙江省白浆土养分丰缺指标体系研究[J]. 黑龙江农业科学,2013(1):29-32.
- [24] 王志刚,高强,冯国忠. 吉林省大豆施肥指标体系初步建立[J]. 大豆科学,2010,29(4):669-672.
- [25] 戢林,张锡洲,李廷轩. 基于“3414”试验的川中丘陵区水稻测土配方施肥指标体系构建[J]. 中国农业科学,2011,44(1):84-92.
- [26] 中国土壤质量标准化技术委员会. 耕地质量标准:GB 33469—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [27] 周孚美,肖亦雄,高小俊. 施肥贡献率、依存率与烟草产量的相关性研究[J]. 天津农业科学,2014,20(10):69-74,82.
- [28] TSVETKOVA G, GEORGIEV G, POPOV M. Effect of phosphorus nutrition on the nodulation, nitrogen fixation and nutrient-use efficiency of bradyrhizobium japonicum-soybean (*Glycine max* L. Merr.) symbiosis[J]. Journal of Plant Physiology, 2003(S): 331-335.
- [29] CHAUDHARY M I, ADU-GYAMFI J J, SANEOKA H, et al. The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2008, 30(4): 537-544.
- [30] 严君,韩晓增,丁娇,等. 东北黑土区大豆生长、结瘤及产量对氮、磷的响应[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(2): 318-325.
- [31] SHA Z, CHEN X, ZHAO Z, et al. Effect of fertilizer management on dry matter accumulation, yield and fertilizer use efficiency of rice cultivar Huayou-14[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(6): 815-823.
- [32] SHI J Z. Effects of different combination ratio of N, P and K on yield and economic characters of Youyan 9, a rape variety[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2009, 37(10): 44-47.
- [33] 蔡姗姗,孙磊,魏丹,等. 大豆养分管理研究进展与趋势展望[J]. 大豆科技,2021(6):36-40.
- [34] 王浩,董朝阳,王淑兰,等. 基于春玉米籽粒产量的渭北旱塬区农户施肥现状评价[J]. 植物营养与肥料学报,2018, 24(3):590-598.

## Response of Soybean Yield to Soil Nutrient Content in Huma County

LI Weijie<sup>1</sup>, WANG Rui<sup>1</sup>, SUN Zhiling<sup>2</sup>, HUANG Jiannan<sup>1</sup>, E Wenzhao<sup>1</sup>, YI Hailong<sup>1</sup>, CAI Shanshan<sup>2</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>

(1. Huma County Agricultural Technology Extension Center, Daxing'anling Mountains 165199, China; 2. Heilongjiang Black Soil Protection and Utilization Research Institute, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to guide scientific fertilization in the soybean production area of Huma County in the Daxing'anling Mountain region, a survey was conducted on the soybean yield and soil nutrient content of 50 households in 7 townships including Huma Town, Baiyinna Township, Beiji Township, Jinshan Township, Oupu Township, Sanka Township, and Xinghua Township. The yield level of farmers and the soil nutrient content based on yield were analyzed and evaluated, and years of multi-point field experiment data were statistically analyzed to establish a preliminary nutrient grading index system for the region. The results showed that the average soybean yield of farmers was  $2\ 052\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The proportion of farmers with very low ( $<1\ 050\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), low ( $1\ 050-1\ 650\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), medium ( $1\ 650-2\ 250\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), high ( $2\ 250-2\ 850\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), and very high ( $\geq 2\ 850\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) yields was 4%, 10%, 54%, 30%, and 2%, respectively. Soil nitrogen (alkaline nitrogen) and phosphorus (available phosphorus) are divided into five fertility levels based on relative yields of 75%, 80%, 90%, and 95%, while potassium (available potassium) is divided into low, low, medium, high, and high fertility levels based on relative yields of 80%, 85%, 90%, and 95%. The proportion of alkaline nitrogen levels in the surveyed area is 3.23%, 6.45%, 32.26%, 38.71%, and 19.35%, while the proportion of available phosphorus levels is 10.71%, 14.29%, 42.85%, 17.86%, and 14.29%. The proportion of available potassium levels in the soil is 16.00%, 12.00%, 24.00%, 24.00%, and 24.00%, respectively. The NE-N treatment showed the highest dependence rate of soybean yield on soil nutrients, at 80.34%, and nitrogen was the key factor affecting soybean yield. The dependency rate of soybean yield on soil nutrients in NE treatment was the lowest, at 73.94%. In summary, the rational application of nitrogen, phosphorus, and potassium can increase soybean yield, reduce soil nutrient dependence, and promote soil fertility.

**Keywords:** Huma County; soybean; yield; nutrient grading; dependency rate