

李询,董诚明,刘丹,等. 氮磷钾肥配施对怀牛膝产量和质量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2020(3):69-73.

氮磷钾肥配施对怀牛膝产量和质量的影响

李 询,董诚明,刘 丹,李 曼,邢 冰,余孟娟

(河南中医药大学 药学院,河南 郑州 450000)

摘要:氮磷钾肥对怀牛膝产量及质量的影响很大,合理的施肥对于怀牛膝的生长至关重要,为筛选怀牛膝最佳施肥方案,采用“3414”肥料试验设计大田试验,以怀牛膝产量、折干率、 β -蜕皮甾酮、齐墩果酸、浸出物和多糖含量为考察指标,通过主成分分析对比不同施肥水平差异,评价不同氮磷钾配施对怀牛膝产量和品质的影响。结果表明:氮磷钾施肥对比对怀牛膝的产量和质量有显著影响,氮肥和磷肥对其产量的影响较大,钾肥对其产量影响最小,磷的施用量显著影响多糖的含量,钾元素对浸出物含量影响较大。最高干重产量($3\,904.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)对应的施肥量为 $\text{N}300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}225.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;最佳质量(产量为 $3\,445.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)对应的施肥量为 $\text{N}300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}112.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

关键词:怀牛膝;“3414”肥料试验;氮磷钾;产量与质量

牛膝(*Achyranthes bidentata* Blume.)为苋科牛膝属植物,以干燥根入药,具有补肝益肾和强筋骨等功效^[1],主要药理活性物质为多糖和牛膝甾等,具有降低胆固醇,修复受损细胞,提高免疫力等活性^[2-4]。牛膝在我国河南、河北、内蒙古等地均有种植。河南温县等地因其在黄河冲积地区特殊的环境使其成为牛膝的道地产区^[5],这里出产的牛膝称为怀牛膝。怀牛膝产量高质量好,不仅与种苗质量、生长环境等因素有关,还受施肥情况影响。由于道地产区耕地有限,药农缺乏专业指导和科学的种植方式,牛膝的产量和质量逐年下降,而合理施肥可以一定程度上提高牛膝的产量和质量。本试验采用“3414”经典施肥方案,研究不同氮磷钾肥比例对牛膝生长发育及质量的影响,旨在确定怀牛膝生长所需最佳氮磷钾施肥配比,建立肥效模型,以期为怀牛膝优质高产栽培技术提供合理施肥方案。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2017年7月13日至11月22日进行,试验田位于河南省武陟县,土质松软肥沃,土壤含全氮 $1\,500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $3.83\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有机质 $12.25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤 pH 为 9.13。供试材料为怀牛膝(*Achyranthes*

bidentata Blume.)秋子。供试肥料氮肥为尿素,河南中原大化集团有限公司责任公司生产,总氮=46.4%;磷肥为过磷酸钙,湖南今天化肥化工股份有限公司生产,五氧化二磷=12%;钾肥为硫酸钾,云南云天化国际化工股份有限公司生产,氧化钾=50%。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用“3414”最优回归设计,设14个小区,每个小区 45 m^2 。以氮、磷、钾肥为3个因素,设4个水平的施肥量,即 $\text{N}:0,150,300\text{ 和 }450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; $\text{P}:0,45,90\text{ 和 }135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; $\text{K}:0,112.5,225.0\text{ 和 }337.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (表1)。

表1 3414 肥料试验设计

Table 1 Experiment design of 3414 fertilizer

编号 No.	施肥处理 Fertilization treatments	施肥量 Amount of fertilizer/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)		
		N	P	K
1	$\text{N}0\text{P}0\text{K}0$	0	0	0
2	$\text{N}0\text{P}2\text{K}2$	0	90	225.0
3	$\text{N}1\text{P}2\text{K}2$	150	90	225.0
4	$\text{N}2\text{P}0\text{K}2$	300	0	225.0
5	$\text{N}2\text{P}1\text{K}2$	300	45	225.0
6	$\text{N}2\text{P}2\text{K}2$	300	90	225.0
7	$\text{N}2\text{P}3\text{K}2$	300	135	225.0
8	$\text{N}2\text{P}2\text{K}0$	300	90	0
9	$\text{N}2\text{P}2\text{K}1$	300	90	112.5
10	$\text{N}2\text{P}2\text{K}3$	300	90	337.5
11	$\text{N}3\text{P}2\text{K}2$	450	90	225.0
12	$\text{N}1\text{P}1\text{K}2$	150	45	225.0
13	$\text{N}1\text{P}2\text{K}1$	150	90	112.5
14	$\text{N}2\text{P}1\text{K}1$	300	45	112.5

收稿日期:2019-11-07

基金项目:2017年河南省重大科技专项(171100310500);国家标准化项目(ZYBZH-Y-HEN-18)。

第一作者:李询(1994-),女,在读硕士,从事生药学研究。E-mail:1025552320@qq.com。

通信作者:董诚明(1963-),男,学士,教授,从事中药材规范化种植与种质资源研究。E-mail:dcm371@hactem.edu.cn。

1.2.2 测定项目及方法 采收期按照不同小区分别采收,抖去泥土后地下部分称重;晒干称干重,计算折干率,折干率(%)=(干重/鲜重)×100。

β -蜕皮甾酮、齐墩果酸和浸出物,按照《中华人民共和国药典》(2015 版)规定的方法进行检测。怀牛膝多糖含量采用硫酸-苯酚比色法检测^[6]。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 Excel 2013 和 SPSS17.0 处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾配比对怀牛膝产量的影响

由表 2 可知,14 种施肥比例对怀牛膝产量及折干率具有显著差异,其中处理 12 鲜重产量最高,为 10 877.95 kg·hm⁻²,比处理 3 的最低产量 7 392.56 kg·hm⁻²高 47.15%。处理 3 的折干率最高,为 41.20%,处理 11 的折干率最低,为 31.69%。处理 7 干重产量最高,为 3 904.48 kg·hm⁻²,处理 2 最低,为 2 910.59 kg·hm⁻²。说明不同的氮磷钾施肥配比对怀牛膝的产量与干物质的积累具有显著影响。

表 2 不同施肥处理怀牛膝产量的影响

Table 2 Effects of different fertilization treatments on the yield of *Achyranthes bidentata* Blume.

编号 No.	施肥处理 Fertilization treatments	鲜重 Fresh weigh/(kg·hm ²)	折干率 Drying rate/%	干重 Dry weight/(kg·hm ²)
1	N0P0K0	8202.86±298.20 def	36.67±1.06 bc	3008.08±109.35 cd
2	N0P2K2	8025.26±172.65 ef	36.27±0.03 bc	2910.59±62.70 d
3	N1P2K2	7392.56±387.15 f	41.20±1.20 a	3045.73±230.40 cd
4	N2P0K2	9002.05±521.55 cde	34.69±0.77 cd	3123.13±291.15 cd
5	N2P1K2	8691.26±78.45 def	36.66±0.12 bc	3185.98±118.80 cd
6	N2P2K2	9645.85±266.85 b	36.76±0.26 bc	3546.28±98.10 abc
7	N2P3K2	10744.75±31.35 ab	36.34±0.49 bc	3904.48±161.40 a
8	N2P2K0	9257.35±272.10 c	35.15±0.19 cd	3253.78±253.80 bcd
9	N2P2K1	10367.35±502.35 abc	33.23±0.20 de	3445.48±166.95 b
10	N2P2K3	9690.25±382.05 b	36.70±2.60 bc	3556.63±305.40 abc
11	N3P2K2	10655.95±118.20 ab	31.69±0.44 e	3377.08±92.55 b
12	N1P1K2	10877.95±313.95 a	34.73±0.23 cd	3777.43±109.05 ab
13	N1P2K1	8391.56±477.90 def	37.71±0.50 b	3164.08±236.70 cd
14	N2P1K1	8680.16±502.35 def	38.18±1.52 b	3314.23±191.85 bcd

2.2.2 不同施肥水平对怀牛膝齐墩果酸含量的影响 由图 2 可知,不同施氮肥和磷肥的水平中,齐墩果酸含量均为水平 2>水平 0>水平 1>水

2.2 不同施肥水平对怀牛膝品质的影响

2.2.1 不同施肥水平对怀牛膝 β -蜕皮甾酮含量的影响 由图 1 可知,施氮水平 1 的 β -蜕皮甾酮含量最高,施氮水平 3 的含量最低,说明过量施用氮肥可能会抑制 β -蜕皮甾酮的合成;不同施磷水平的 β -蜕皮甾酮含量差别不大,施磷水平 2 和水平 3 含量较高;不同施钾水平对 β -蜕皮甾酮含量影响差异明显,施钾水平 1>水平 0=水平 2>水平 3,90 kg·hm⁻²的磷肥施入量最利于其合成,过高则会产生抑制作用。因此采用低氮中磷低钾的施肥方式最有利于提高怀牛膝 β -蜕皮甾酮含量。

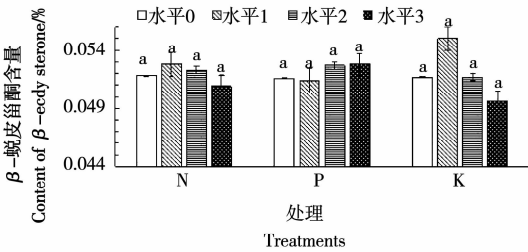


图 1 不同施肥处理对怀牛膝 β -蜕皮甾酮含量的影响
Fig. 1 Effects of different fertilization treatments on the content of β -ecdysterone in *Achyranthes bidentata* Blume.

平 3,当氮肥施入量为 300 kg·hm⁻²,磷肥施入量为 90 kg·hm⁻²时最利于怀牛膝齐墩果酸合成;当钾肥施入量为 0 时,怀牛膝齐墩果酸含量最高,为

0.66%,齐墩果酸的含量随着钾肥施入量的增加而减少,说明钾肥可能不利于怀牛膝齐墩果酸的合成。因此中氮中磷低钾的施肥方式最有利于提高怀牛膝齐墩果酸的含量。

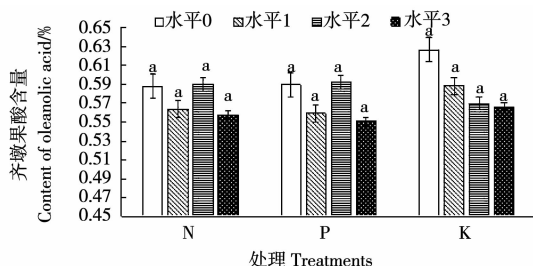


图2 不同施肥处理对怀牛膝齐墩果酸含量的影响

Fig. 2 Effects of different fertilization treatments on oleanolic acid content of *Achyranthos bidentata* Blume.

2.2.3 不同施肥水平对怀牛膝多糖含量的影响

由图3可知,不同施氮水平下怀牛膝的多糖含量没有显著差异,水平1的多糖含量最高,水平0的多糖含量最低;不同施磷水平对怀牛膝多糖含量影响差异显著,水平1的多糖含量显著高于水平0,总体趋势为水平1>水平2>水平3>水平0,磷的施用量对多糖的含量具有重要意义,但过高的磷含量反而会抑制多糖的合成。不同水平的钾施用量对多糖含量的影响表现为先上升后下降的趋势,水平0的多糖含量最低,水平1的多糖含量最高。综上可见适量的氮磷钾施肥量对怀牛膝多糖的合成具有重要的意义,水平0的多糖含量整体偏低,水平1的多糖含量在3种肥料中皆是最高,但水平2和水平3的多糖含量略有下降,因此采用低水平氮磷钾施肥量可以提高怀牛膝的多糖含量。

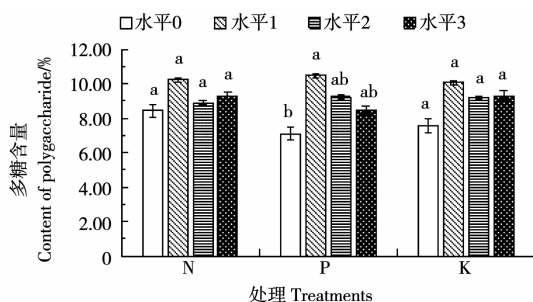


图3 不同施肥处理对怀牛膝多糖含量的影响

Fig. 3 Effects of different fertilization treatments on polysaccharide content of *Achyranthos bidentata* Blume.

2.2.4 不同施肥水平对怀牛膝浸出物含量的影响

由图4可知,不同氮肥施入量处理的怀牛膝浸出物含量排序为水平0>水平1>水平3>水平2;不同水平的磷肥和钾肥对浸出物含量的影响均表现为先上升后下降的趋势,水平2时浸出物含量最高,分别为7.98%和7.97%,在水平3时含量最低。因此为提高怀牛膝浸出物的含量可以采用低氮肥中磷肥中钾肥的施肥方式。

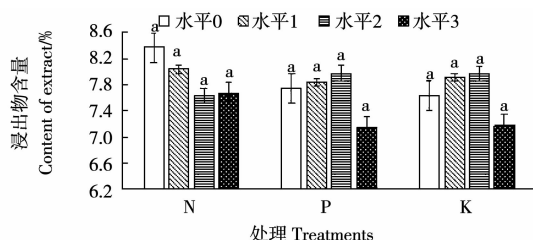


图4 不同施肥处理对怀牛膝浸出物含量的影响

Fig. 4 Effects of different fertilization treatments on the content of extracts of *Achyranthos bidentata* Blume.

2.3 不同氮磷钾配比对怀牛膝品质的影响

由表3可知,处理8的齐墩果酸含量最大,为6.66 mg·g⁻¹,处理7最小,最小处理组之间没有显著差异;多糖含量处理5多糖含量最大,处理4多糖含量最小,分别为120.90和65.00 mg·g⁻¹,与其他处理呈显著差异,说明磷元素对多糖的合成影响较大。处理9的β-蜕皮甾酮含量最高,为0.58 mg·g⁻¹,含量最低的是处理12,为0.49 mg·g⁻¹,与其他处理具有明显差异。处理6的怀牛膝浸出物含量最高,处理7时最低,呈显著差异,在不同施肥条件下怀牛膝品质差异较大。

2.4 最佳施肥方案筛选

运用主成分分析法,参照以上干重、齐墩果酸、多糖、β-蜕皮甾酮和浸出物各项含量为指标性成分,对14种施肥处理进行综合分析。根据降维结果,共挑选出3个主成分PC1、PC2和PC3,累计贡献值为87.15%,具有代表性,可以用来评价怀牛膝质量,得到各施肥处理组产量和质量的综合得分,由表4可知,处理9综合得分最高,为104.99分,处理12得分最低,为-98.60分。综合各项分析可得,最高干重产量3904.48 kg·hm⁻²的总施肥量为N300 kg·hm⁻²,P135 kg·hm⁻²,K225.0 kg·hm⁻²;当氮磷钾的施肥量为N300 kg·hm⁻²、P90 kg·hm⁻²、K112.5 kg·hm⁻²时,可得最佳品质与产量的怀牛膝,此时产量为3445.48 kg·hm⁻²。

表 3 不同氮磷钾配施对怀牛膝质量的影响

Table 3 Effects of different fertilization treatments on the quality of <i>Achyranthes bidentata</i> Blume.					
编号	施肥处理	齐墩果酸	多糖	β 蜕皮甾酮	浸出物
No.	Fertilization treatments	Oleanolic acid/(mg·g ⁻¹)	Polysaccharide/(mg·g ⁻¹)	β -ecdysterone/(mg·g ⁻¹)	Extract/(mg·g ⁻¹)
1	N0P0K0	5.87±0.20 bc	77.10±1.20 cde	0.52±0.03 bc	80.60±9.00 abc
2	N02PK2	5.88±0.10 bc	91.60±12.90 bcd	0.52±0.02 abc	86.90±10.70 ab
3	N1P2K2	5.57±0.00 c	100.70±8.10 abc	0.55±0.02 abc	85.60±5.50 abc
4	N2P0K2	5.92±0.30 bc	65.00±13.60 e	0.52±0.06 bc	74.30±1.60 abc
5	N2P1K2	5.57±0.10 c	120.90±0.60 a	0.54±0.02 abc	81.20±1.60 abc
6	N2P2K2	5.90±0.20 bc	80.80±8.40 cde	0.49±0.06 bc	88.00±2.00 a
7	N2P3K2	5.51±0.30 c	84.70±4.00 c	0.53±0.01 abc	71.50±4.40 c
8	N2P2K0	6.66±0.10 a	74.60±10.40 de	0.52±0.02 bc	72.20±10.60 bc
9	N2P2K1	6.44±0.50 ab	98.00±8.80 b	0.58±0.00 a	75.10±0.90 abc
10	N2P2K3	5.66±0.70 c	93.20±11.10 bcd	0.50±0.01 bc	71.80±0.60 bc
11	N3P2K2	5.58±0.20 c	92.70±12.50 bcd	0.51±0.01 bc	76.70±0.90 abc
12	N1P1K2	5.66±0.20 c	98.20±1.70 b	0.49±0.02 c	73.60±1.00 abc
13	N1P2K1	5.67±0.40 c	108.20±6.00 ab	0.55±0.00 ab	81.90±1.80 abc
14	N2P1K1	5.54±0.00 c	95.60±5.80 bcd	0.52±0.01 bc	80.30±6.10 abc

表 4 综合得分

Table 4 Comprehensive score					
序号 No.	施肥处理 Fertilization treatments	施肥量 Amount of fertilizer/ (kg·hm ⁻²)			主成分得分 Principal component score
		N	P	K	
1	N0P0K0	0	0	0	14.90
2	N02PK2	0	90	225.0	46.57
3	N1P2K2	150	90	225.0	70.44
4	N2P0K2	300	0	225.0	−16.07
5	N2P1K2	300	45	225.0	54.82
6	N2P2K2	300	90	225.0	−61.04
7	N2P3K2	300	135	225.0	−75.57
8	N2P2K0	300	90	0	20.96
9	N2P2K1	300	90	112.5	104.99
10	N2P2K3	300	90	337.5	−72.13
11	N3P2K2	450	90	225.0	−39.69
12	N1P1K2	150	45	225.0	−98.60
13	N1P2K1	150	90	112.5	66.61
14	N2P1K1	300	45	112.5	−16.19

3 结论与讨论

合理施肥是提高作物产量和质量的关键,大多数研究认为氮肥是影响药材产量的首要因素,配施磷、钾肥是改善药材品质提高产量的必要措施。本试验采用的“3414”施肥方案是农业部推荐的肥料试验设计方法,具有设计优、处理少、效率高特点^[7],在国内外广泛应用。由于三元二次肥效方程拟合成功率低且计算的施肥量偏高等缺点^[8-9],本试验采用了一元二次肥效模型,获得的最佳施肥量与实际情况相符。不同的氮磷钾施肥配比对怀牛膝的产量有显著影响,表现为处理 N1P1K2 时,怀牛膝鲜重产量最高为 10 877.95 kg·hm⁻²,比空白组 N0P0K0 时的产量 8 202.86 kg·hm⁻² 高出了 32.61%,由此可见氮磷钾对怀牛膝产量的影响显著,这与左晓燕^[10]的研究结果一致。氮肥和磷肥对其产量的影响较大,钾肥对其产量影响最小,赵劲松等^[11]以湖北麦冬为研究对象也得出了相同结论。磷的施用量显著影响怀牛膝多糖的含量,钾元素对怀牛膝浸出物含量影响较大。由

由此可见,适当的氮磷钾施肥配比对于提高怀牛膝的产量与质量有重要意义。本研究通过“3414”肥料试验为怀牛膝的种植提供推荐施肥配比为最高干重产量 $3\ 904.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的施肥量为 $\text{N}\ 300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}\ 135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}\ 225.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; 最佳品质(产量为 $3\ 445.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)施肥量为 $\text{N}\ 300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}\ 90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}\ 112.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部[S]. 中国医药科技出版社, 2010: 72.
- [2] 韩紫岩, 牛艳阳. 牛膝的研究概况[J]. 中国药业, 2007, 16(15): 65.
- [3] 周军. 牛膝中化学成分和药理作用研究进展[J]. 天津药学, 2009, 21(3): 66-67.
- [4] 时春娟, 周永达, 张剑波, 等. 牛膝多糖研究进展[J]. 中国新

药杂志, 2006(16): 1330-1334.

- [5] 杜真辉, 董诚明, 夏伟, 等. 不同土壤条件下怀牛膝质量评价[J]. 中国现代中药 2016, 18(9): 1164-1166.
- [6] 董群, 郑丽伊, 方积年. 改良的苯酚-硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究[J]. 中国药理学杂志, 1996(9): 38-41.
- [7] 陈新平, 张福锁. 通过“3414”试验建立测土配方施肥技术指标体系[J]. 中国农技推广, 2006(4): 36-39.
- [8] 王圣瑞, 陈新平, 高祥照, 等. “3414”肥料试验模型拟合的探讨[J]. 植物营养与肥料学报, 2002(4): 409-413.
- [9] 孙义祥, 郭跃升, 于舜章, 等. 应用“3414”试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 197-20.
- [10] 左晓燕. 怀牛膝氮磷钾营养特性及施肥对其产量和品质的影响[D]. 河南: 河南农业大学, 2008.
- [11] 赵劲松, 李首成, 瞿宏杰, 等. 施肥对湖北麦冬产量的影响[J]. 土壤肥料, 2005(2): 31-34.

Effect of Combined Application of N, P and K on Yield and Quality of *Achyranthes bidentata*

LI Xun, DONG Cheng-ming, LIU Dan, LI Man, XING Bing, YU Meng-juan

(College of Pharmaceutical Sciences, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization has a great impact on the yield and quality of *Achyranthes bidentata* Blume, and reasonable fertilization is essential for the growth of *A. bidentata*. In order to evaluate the effects of different N, P and K fertilization treatments on the yield and quality of *Achyranthes bidentata* Blume, and to screen the best fertilization program to provide a basis for rational fertilization in the actual production of *A. bidentata*. The experiment of “3414” fertilizer was used to design the field experiment. The yield of drying rate, β -ecdysterone, oleanolic acid, extract and polysaccharide content of *A. bidentata* were taken as indicators to compare the different fertilization levels by principal component analysis. The fertilizer efficiency equation was established and the best fertilization scheme was screened through comparison of different fertilization levels. The results showed that: N, P and K fertilization ratio had a significant effect on the yield and quality of *A. bidentata*. Nitrogen fertilizer and phosphate fertilizer had great influence on its yield. Potassium fertilizer had the least impact on its yield. The application rate of phosphorus significantly affected the content of polysaccharide, and potassium had a great influence on the content of extract. The optimum fertilization method: The highest dry weight yield (yield was $3\ 904.84\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), the fertilization amount was $\text{N}\ 300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}\ 135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}\ 225.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; the best quality (the yield was $3\ 445.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$): the fertilization amount was $\text{N}\ 300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{P}\ 90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $\text{K}\ 112.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$.

Keywords: *Achyranthes bidentata* Blume.; “3414” fertilizer test; nitrogen, phosphorus and potassium; yield and quality