



· 资源与鉴定 ·

氮素不同形态配比对夏枯草苗期生长及光合特性的影响

于曼曼, 刘丽, 郭巧生*, 姚琼, 赵宁, 陈宇航
(南京农业大学 中药材研究所, 江苏 南京 210095)

[摘要] 目的:探讨不同氮素形态对夏枯草生长及光合特性的影响,为夏枯草氮肥的合理施用提供一定依据。方法:采用水培法,测定在等氮水平($15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)不同铵硝比处理下,夏枯草叶面积、生物量、叶绿素含量及光合相关参数。结果:随着铵硝比的下降,夏枯草叶面积先增加后下降,全铵营养($\text{NH}_4^+ - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N}$ 为 100:0)下最小,当 $\text{NH}_4^+ - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N}$ 为 25:75 时最大;随硝态氮比例的提高,夏枯草全株鲜重不断增加,在全硝处理时达到最大,是全铵处理的 5.11 倍;而全株干重则以 $\text{NH}_4^+ - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N}$ 为 25:75 的最大,且与全硝处理无显著差异。铵硝比为 50:50 时叶片中总叶绿素、类胡萝卜素含量最高。铵硝比为 25:75 时,夏枯草净光合速率(P_n)最大,全铵处理下最低。结论:在总氮水平为 $15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 下,适量增加硝态氮比例,有利于促进夏枯草苗期生长、提高干物质积累和净光合速率。

[关键词] 夏枯草;铵硝比;叶面积;生物量;叶绿素;光合特性

植物吸收利用的氮素主要是铵态氮和硝态氮^[1]。不同植物对这 2 种形态氮源的选择性吸收不同,不同氮素形态对植物生长代谢的影响也不同。前人从不同角度对铵态氮与硝态氮的吸收量、吸收速率、吸收比例进行了大量研究,大多在水培条件下进行。试验结果不尽一致,涉及的作物以水稻、小麦、玉米等居多,蔬菜以白菜、生菜、菠菜等居多。研究表明,当生长介质中保持不同铵硝比例的氮素营养时,对许多植物的叶片叶绿素含量、光合速率、酶活等均产生影响^[2-5]。

夏枯草 *Prunella vulgaris* L. 为唇形科夏枯草属多年生草本植物,以干燥果穗入药。2010 年版《中国药典》一部收载。其味辛苦,性寒。具有清肝泻火、明目、散结消肿等功效^[6]。近年随着市场需求的扩大,野生夏枯草资源已远不够开发利用,随着各地夏枯草 GAP 基地的建立,夏枯草的生长也受到重视。近年国内外对夏枯草的研究多集中在种子生理、化学、药理、微量元素研究等方面^[7-9],而有关大

量矿质元素对夏枯草生长影响方面的研究则少见报道。本实验采用水培法,研究了不同铵硝配比的氮素营养对夏枯草叶面积、生物量和干物质积累、叶绿素含量及光合特性的影响,以确定适合夏枯草生长的铵硝比例范围,为生产中合理施用氮素提供一定的理论依据。

1 材料

供试材料为 2008 年河南省确山县采收的夏枯草种子。经南京农业大学中药材研究所郭巧生教授鉴定为夏枯草 *P. vulgaris*。试验于 2009 年在南京农业大学试验大棚内进行。

2 方法

2.1 试验设计

试验采用水培法,营养液依照 Hoagland 和 Arnon 营养液配方^[10],并依据试验设计稍加调动。在供氮水平一致($15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)的前提下,设计 5 个不同水平的铵硝比($\text{NH}_4^+ - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N}$) (摩尔浓度比),依次为 100:0,75:25,50:50,25:75,0:100。铵态氮由硫酸铵提供,硝态氮由硝酸钠提供。所用试剂均为分析纯(AR)。

播种育苗,选生长一致的 4 叶 2 心的夏枯草幼苗,洗净根部后移栽至周转箱中,先用去离子水培养 3 d,再用 Hoagland 全营养液培养 1 周,然后按不同铵硝配比处理。每处理重复 3 次。每隔 7 d 更换营养液,每日

[稿件编号] 20100524001

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30772730,81072986);国家科技重大专项(2009ZX09308-002)

[通信作者] * 郭巧生, Tel: (025) 84395980, E-mail: gqs@njau.edu.cn



用通气泵通气1 h,同时检测营养液 pH,并用0.1 mol · L⁻¹ HCl 和 NaOH 调节溶液 pH 6 ~ 6.5。

2.2 指标测定及数据处理

2.2.1 叶面积 每处理随机选取至上而下第4片功能叶10片,用LI-300C便携式叶面积仪(Li-Cor,美国)测量叶面积、叶长、叶宽等值。

2.2.2 生物量 45 d后,每处理随机取10株植株,洗净擦干,分别测地上鲜重、地下鲜重、全株鲜重。105 °C杀青30 min,60 °C烘至恒重后,分别称量其干重。

2.2.3 叶绿素和类胡萝卜素 采用80%丙酮提取法测定^[11]。

2.2.4 光合指标测定 处理45 d后,于上午9:00—11:00,采用LI-6400XT便携式光合作用测定

系统(Li-Cor,美国),在入射光强为1 000 μmol · m⁻² · s⁻¹下测定净光合速率(P_n),气孔导度(G_s),胞间CO₂浓度(C_i),蒸腾速率(T_r)等参数。

2.2.5 数据处理 采用SPSS 17.0软件进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同氮素形态对夏枯草叶面积的影响

随着营养液中NH₄⁺-N比例的不断减小,叶面积、叶长、叶宽均先升后降,在铵硝比为25:75时达到最大。铵硝比为0:100即全硝处理的叶面积略小于铵硝比25:75,铵硝比100:0即全铵处理的夏枯草叶面积最小。全铵处理与全硝处理的叶面积、叶长、叶宽均呈显著差异。表明,适量降低铵态氮比例,可有效增加夏枯草叶面积(表1)。

表1 不同铵硝比对夏枯草苗期叶面积的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

铵硝配比	叶面积/cm ²	叶长/cm	叶宽/cm	叶长/叶宽
100:0	15.23 ± 1.28c	7.18 ± 0.93c	3.31 ± 0.25b	2.13 ± 0.30b
75:25	15.57 ± 1.77c	7.30 ± 1.05c	3.39 ± 0.59b	2.19 ± 0.33b
50:50	17.75 ± 3.00b	8.05 ± 1.51bc	3.45 ± 0.68b	2.32 ± 0.32ab
25:75	23.48 ± 2.70a	9.58 ± 1.21a	3.91 ± 0.46b	2.46 ± 0.24a
0:100	19.34 ± 2.09b	8.81 ± 1.17ab	3.46 ± 0.34a	2.54 ± 0.18a

注:同一列中不同小写字母为差异显著, $P < 0.05$ (表2~4同)。

3.2 不同氮素形态对夏枯草生物量的影响

不同铵硝比氮素营养对夏枯草生长影响显著(表2)。不同处理间夏枯草的鲜重达到显著差异水平($P < 0.05$)。由表2可见,随着硝态氮所占比例

的不断增加,全株鲜重也逐渐增加,且在全硝营养条件下达到最大值,全硝处理的全株鲜重分别是NH₄⁺-NO₃⁻为100:0,75:25,50:50,25:75处理的5.11,3.91,2.26,1.35倍。

表2 不同铵硝比对夏枯草苗期生物量的影响($\bar{x} \pm s, n = 10$)

铵硝配比	鲜重/g			干重/g			根冠比
	地上	地下	全株	地上	地下	全株	
100:0	2.71 ± 0.23d	0.71 ± 0.16b	3.31 ± 0.28d	0.58 ± 0.04c	0.09 ± 0.01c	0.68 ± 0.02c	0.16 ± 0.03b
75:25	3.88 ± 0.94d	0.45 ± 0.12b	4.33 ± 1.05d	0.73 ± 0.09c	0.17 ± 0.04c	0.90 ± 0.10c	0.24 ± 0.07a
50:50	6.62 ± 1.66c	0.88 ± 0.33b	7.50 ± 1.66c	1.27 ± 0.48b	0.28 ± 0.12b	1.55 ± 0.58b	0.22 ± 0.06a
25:75	9.81 ± 2.03b	2.69 ± 0.82a	12.5 ± 1.96b	1.81 ± 0.52a	0.35 ± 0.14ab	2.16 ± 0.63a	0.20 ± 0.07ab
0:100	13.97 ± 2.25a	2.96 ± 0.49a	16.93 ± 2.12a	1.72 ± 0.41a	0.39 ± 0.07a	2.12 ± 0.45a	0.23 ± 0.05a

与鲜重的变化规律相似,随着营养液中NO₃⁻-N比例的增加,夏枯草的干物重也呈现增加趋势,全株干重在铵硝比为25:75处理时达到最大,但铵硝比为25:75和0:100的2个处理之间,夏枯草全株干物重没有显著差异。这表明,全硝处理和铵硝配施均比单施铵态氮更利于夏枯草生物量的积累。值得

注意的是,全铵处理的根冠比最低,铵硝比为25:75的次之,2个处理的根冠比差异不显著,二者情况不同。全铵处理的,可能是由于全铵已经对夏枯草生长产生了明显抑制作用,导致植株本身生长受严重抑制,所以,根冠比等值均相当小。而铵硝比25:75处理的,地上生长旺盛,因此根冠比较小。



3.3 不同氮素形态对夏枯草叶绿素含量的影响

不同铵硝比对夏枯草叶片叶绿素含量的影响显著(表3)。铵硝比为50:50的处理总叶绿素、类胡萝卜素均最高;铵硝比25:75的次之,二者没有显著差异。全铵与全硝处理的叶绿素

a、叶绿素b、总叶绿素和类胡萝卜素含量均呈显著差异。全铵处理的各指标均最低,且与铵硝比75:25的处理没有显著差异。此外,施用铵硝混合肥的叶绿素a/b值均高于全铵或全硝处理。

表3 不同铵硝比对夏枯草苗期叶绿素含量的影响($\bar{x} \pm s, n=10$)

铵硝配比	叶绿素 a/mg · g ⁻¹	叶绿素 b/mg · g ⁻¹	叶绿素 a/b	总叶绿素/mg · g ⁻¹	类胡萝卜素/mg · g ⁻¹
100:0	1.123 ± 0.019d	0.393 ± 0.016c	2.863 ± 0.068d	1.516 ± 0.035b	0.289 ± 0.008b
75:25	1.208 ± 0.033c	0.369 ± 0.023c	3.277 ± 0.109ab	1.578 ± 0.056b	0.292 ± 0.014b
50:50	1.669 ± 0.008a	0.527 ± 0.001ab	3.165 ± 0.007bc	2.196 ± 0.009a	0.404 ± 0.004a
25:75	1.674 ± 0.003a	0.487 ± 0.025b	3.443 ± 0.166a	2.161 ± 0.028a	0.400 ± 0.024a
0:100	1.598 ± 0.053b	0.541 ± 0.001a	2.953 ± 0.105cd	2.140 ± 0.052a	0.377 ± 0.012a

3.4 不同氮素形态对夏枯草苗期光合速率的影响

随着铵硝比的下降,夏枯草叶片的净光合速率 P_n 呈先增加后下降的趋势,铵硝比为25:75时达到最大,全硝处理的次之,为最大值的99.3%。全铵营养下夏枯草的净光合速率最低,仅为最大值的56.2%。除了铵硝比为25:75,0:100 2个处理夏枯草的净光合

速率之间差异不显著,其余处理之间净光合速率差异均达到显著水平($P < 0.05$)。说明,适当增加 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的比例有利于提高夏枯草的净光合速率。不同氮素形态对夏枯草叶片蒸腾速率 T_r 的影响有相似规律,也呈先增加后下降趋势,当铵硝比为25:75时达到最大,且与全硝营养下的 T_r 差异不显著(表4)。

表4 不同铵硝比对夏枯草苗期光合速率的影响($\bar{x} \pm s, n=5$)

铵硝配比	净光合速率	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度	蒸腾速率
	/μmol · m ⁻² · s ⁻¹	/mol · m ⁻² · s ⁻¹	/μmol · m ⁻² · s ⁻¹	/mmol · m ⁻² · s ⁻¹
100:0	6.98 ± 0.15d	0.14 ± 0.03d	301.66 ± 8.02a	1.64 ± 0.02c
75:25	8.41 ± 0.37c	0.16 ± 0.02cd	288.80 ± 25.92a	1.70 ± 0.08c
50:50	9.99 ± 0.08b	0.19 ± 0.01c	283.81 ± 38.90a	2.99 ± 0.16b
25:75	12.43 ± 0.21a	0.28 ± 0.03b	294.15 ± 3.28a	4.53 ± 0.38a
0:100	12.34 ± 0.14a	0.35 ± 0.03a	319.99 ± 4.11a	4.43 ± 0.28a

随着铵硝比的降低,夏枯草叶片气孔导度 G_s 逐渐升高。全硝营养夏枯草叶片气孔导度依次是铵硝比100:0,75:25,50:50,25:75的2.50,2.19,1.84,1.25倍。方差分析的结果表明,铵硝比为100:0与75:25的2个处理没有显著差异,铵硝比为100:0,50:50,25:75,0:100的4个处理之间,夏枯草叶片的 G_s 均呈显著差异。

此外,由表4发现,不同处理夏枯草净光合速率变化趋势与胞间 CO₂ 浓度变化方向不同,且呈相反趋势,表明本试验中净光合速率改变不是由气孔导度变化引起的,叶肉细胞羧化能力是引起不同处理夏枯草净光合速率不同的主要因素^[12]。

4 讨论

本试验表明,营养液中铵硝比高于50:50时夏

枯草的生长严重受阻,100:0与75:25处理的夏枯草株型矮小、叶片小,根系发黑,根短而细;铵硝比为50:50,25:75,0:100的3个处理,夏枯草株型舒展,叶色浓绿,根系呈现白色,根长而粗。全铵营养下,夏枯草的叶面积、生物量、叶绿素含量和净光合速率均显著低于其他处理,说明纯铵营养对夏枯草生长有明显的抑制作用。铵硝比0:100时全株鲜重最大,这与前人在生菜和菠菜上的研究一致^[4-5],但是铵硝比为25:75,0:100 2个处理之间,夏枯草的干物重没有显著差异,说明以硝态氮为主的前提下,增施适量的铵态氮,不会显著降低夏枯草的干物质积累;硝态氮对夏枯草生长有促进作用,这与前人在部分其他植物上的研究一致^[13-14]。

此外,由表2得知铵硝比为0:100处理地上部



分和全株折干率大幅降低。这与李学俊等在玉米上的研究^[15],及汪建飞在菠菜上的研究一致^[16]。实验中发现,含铵态氮的各处理,特别是100:0与75:25的处理,叶片干枯缺水,质感较厚,而0:100的处理,叶片质薄且水润,可能产生生物稀释作用,使折干率下降。另植物对硝态氮的吸收利用,较铵态氮需更多的能量,硝态氮需消耗能量被还原才能被进一步利用,在叶片中还原 NO_3^- -N时,常会出现与光合作用竞争ATP和还原剂的现象^[1],这可能也是导致干物质积累较少,折干率较低的一个重要原因。

本研究结果表明,当营养液中铵硝配比为50:50时,夏枯草叶片中总叶绿素和类胡萝卜素含量最高,这与郭传友等^[17]在彩椒上、徐海军等^[18]在五味子幼苗上的研究结论一致;此外,施用铵硝复合肥的叶绿素a/b值均高于全铵或全硝处理。说明铵硝混合营养更利于夏枯草叶片叶绿素的积累。

Farquhar等^[12]认为,净光合速率的降低有气孔限制和非气孔限制两方面因素,当净光合速率和胞间 CO_2 浓度变化方向相同,两者同时减小,且气孔限制值增大时,净光合速率下降主要是由气孔导度引起的,否则净光合速率的下降要归因于叶肉细胞羧化能力的降低。本试验结果显示,当营养液中铵硝比从100:0降低到0:100时,夏枯草的净光合速率先升高后下降,但胞间 CO_2 浓度反而先下降后升高,二者变化趋势相反,表明叶肉细胞羧化能力是引起不同氮素营养对夏枯草净光合速率不同的主要因素。

本研究发现,全铵营养不利于夏枯草苗期生长,适量增加硝态氮比例更利于夏枯草苗期生长、提高干物质积累和净光合速率。张春兰等^[19]通过测定不同氮素形态及配比对菠菜硝酸盐含量的影响,发现,随溶液中硝态氮浓度的增加,硝酸盐积累相应增加。由于硝酸盐为消化道强致癌物质亚硝酸的前体,而适量增铵能降低硝酸盐的含量^[19],结合本试验,在保证夏枯草幼苗各生长指标最优的前体下,尽量避免全硝营养导致叶片中硝酸盐的积累,因此,建议适宜夏枯草苗期生长的铵硝比例为50:50~25:75。值得注意的是,药用植物栽培应注重产量与品质的结合,本实验仅说明了不同铵硝比氮素营养

对夏枯草营养生长期的影响不同。夏枯草以果穗入药,还需进一步研究后期生长中各铵硝比处理对药用部位化学成分、药理药效、产量等的影响。

[参考文献]

- [1] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2003:25,28.
- [2] 王波,王梅农,赖涛,等. 不同形态氮素营养对生菜光合特性的影响[J]. 南京农业大学报,2007,30(4):74.
- [3] 赵越,魏自民,马凤鸣. 同一氮素水平不同 NO_3^- - NH_4^+ 对NRA和GSA的影响[J]. 东北农业大学学报,2002,33(4):373.
- [4] 徐加林,别之龙,张盛林. 不同氮素形态配比对生菜生长、品质和保护酶活性的影响[J]. 华中农业大学学报,2005,24(3):290.
- [5] 汪建飞,董彩霞,沈其荣. 不同铵硝比对菠菜生长、安全和营养品质的影响[J]. 土壤学报,2007,44(4):683.
- [6] 中国药典. 一部[S]. 2010:263.
- [7] 张贤秀,郭巧生,王艳茹. 种子引发对夏枯草种子活力影响的初步研究[J]. 中国中药杂志,2008,33(5):493.
- [8] Psotova J, Svobodova A, Kolarova H, et al. Photoprotective properties of *Prunella vulgaris* and rosmarinic acid on human keratiocytes[J]. J Photochem Photobiol B: Biol,2006, 84: 167.
- [9] 王祝举,赵玉英,涂光忠,等. 夏枯草化学成分的研究[J]. 药理学报,1999,34(9):679.
- [10] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2002:186.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:134.
- [12] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Ann Rev Plant Physiol,1982, 33: 317.
- [13] 肖凯,张树华,邹定辉,等. 不同形态氮素营养对小麦光合特性的影响[J]. 作物学报,2000,26(1):53.
- [14] 曹翠玲. 氮素及形态对作物的生理效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2002.
- [15] 李学俊,文建雷,韩书成,等. 氮素形态对玉米幼苗生物机制及生物量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008,36(3):192.
- [16] 汪建飞. 营养液不同铵硝比对菠菜产量和品质影响的机理研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.
- [17] 郭传友,余庆波. 不同形态氮素营养对彩椒生理特性的影响[J]. 安徽师范大学学报:自然科学版,2003,26(1):55.
- [18] 徐海军,孙广玉,张悦,等. 不同氮素形态比例对五味子幼苗生长特性的影响[J]. 植物研究,2010,30(1):51.
- [19] 张春兰,高祖明,张耀栋,等. 氮素形态和 NO_3^- -N与 NH_4^+ -N配比对菠菜生长和品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 1990,13(3):70.



Influence of nitrogen forms ratio on growth and photosynthetic characteristics in *Prunella vulgaris*

YU Manman, LIU Li, GUO Qiaosheng*, YAO Qiong, ZHAO Ning, CHEN Yuhang
(Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

[Abstract] **Objective:** The effects of different nitrogen forms on the growth and photosynthetic characteristics of *Prunella vulgaris* were observed. **Method:** Water culture experiments were carried out to observe the effects of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 in $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) on the growth and photosynthetic characteristics of *P. vulgaris*. **Result:** The leaf area, fresh biomass and P_n of these cultivars increased with the increasing of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios, and they were found to be the highest in 25:75 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$. However, they decreased with the increasing $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio further. *P. vulgaris* had a minimum leaf area, biomass, chlorophyll content and P_n in pure ammonium group. The biggest chlorophyll and carotenoid contents were found in the ratios of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ of 50:50. **Conclusion:** The results indicated that properly increasing nitrate proportion could promote the growth and photosynthesis of *P. vulgaris*.

[Key words] *Prunella vulgaris*; $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios; leaf area; biomass; chlorophyll; photosynthetic characteristics

doi:10.4268/cjmm20110502

[责任编辑 吕冬梅]

“归真堂杯”熊胆粉医疗养生保健科普创作有奖征文大赛

熊胆粉是四大名贵中药材之一,几千年来为中医广泛用于心脑血管、肿瘤、肝胆、眼科、皮肤、肛肠等疾病防治。由于熊胆粉珍贵稀少,过去只为帝王与贵族所用,寻常百姓得不到用不起,其丰富的医疗养生保健功能不为大众所认知。

20世纪80年代开始,我国开始大规模引进黑熊养殖技术,并采用了第三代无痛无管活体熊胆汁引流技术,使我国熊胆粉的产量有了几何倍数增长。过去获得一个熊胆,就要猎杀一头熊,导致野生黑熊大幅减少。现代养殖技术的普及与引流技术的发展,使得一头熊一年产出的熊胆粉相当于过去猎杀260头黑熊取得的熊胆粉。黑熊养殖客观上对我国野生黑熊生态得到了很好的保护!

为了收集、整理、编辑、出版、传播千百年来中医应用熊胆粉进行医疗养生保健的知识、经验、方法,使熊胆粉能够进入寻常百姓家,让普通百姓用得起、用得好熊胆粉,为我国百姓的健康服务。福建归真堂药业股份有限公司决定与《中医杂志》、《中国中药杂志》联合举办“归真堂杯”熊胆粉医疗养生保健科普创作有奖征文大赛。

1. 征文范围:熊胆粉的各种医疗养生保健应用方法、经验、知识、故事等。
2. 征文要求:通俗、流畅、科学,每篇文章限一个主题或一个用法或一个疾病,字数不超过1500字。
3. 投稿须知:注明作者姓名、职务、职称、地址、单位、电邮、电话等联系方式。
4. 截稿时间:2011年4月30日。
5. 奖项设计:一等奖5名,奖金3000元及价值1388元熊胆粉一盒;
二等奖10名,奖金1000元及价值1388元熊胆粉一盒;
三等奖30名,奖励价值1388元熊胆粉一盒;
优秀奖若干名,奖励价值788元熊胆粉一盒。
6. 获奖名单将在2011年6月在《中医杂志》、《中国中药杂志》发布。
7. 获奖作品版权归属福建归真堂药业股份有限公司,正式出版《熊胆粉养生宝典》将向每位作者赠送样书2册。
8. 投稿邮箱:wyz1598@sohu.com。
9. 热线电话:(010)59352654。