

减量分期施用水溶肥对菘蓝产量和品质的影响

杨福红^{1,2,3}, 王 盼^{1,3}, 赵 鑫^{1,3}, 陈红刚^{1,3}, 王惠珍^{1,3}, 杜 戩^{1,3*}

(1. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000; 3. 西北中藏药协同创新中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要: **目的** 研究减量分期施用水溶肥对菘蓝产量和品质的影响。**方法** 以 F1 (颗粒肥料常量施肥) 为对照, 研究 F2 (水溶肥常量施肥)、F3 (常量分期施肥)、F4 (减量 30% 分期施肥)、F5 (减量 50% 分期施肥) 对菘蓝产量、品质 and 经济效益的影响。**结果** 水溶肥减量分期施肥方法 (F3、F4、F5) 在菘蓝产量、品质 and 经济效益上均优于 F1, 尤以 F4 效果最佳, 其大青叶产量、板蓝根产量、经济效益分别为 11 984.1 kg/hm²、6 317.5 kg/hm²、26 563.6 元/hm², 较 F1 分别增加 5.52%、21.34%、19.36%, 板蓝根中尿苷、鸟苷、(R, S)-告依春含量较 F1 分别增加 17.4%、17.2%、59.2%; F3 大青叶产量、板蓝根产量 and 经济效益较 F1 分别增加 0.42%、9.15%、4.47%, 板蓝根中鸟苷、(R, S)-告依春含量较 F1 分别增加 8.8%、19.3%; F5 板蓝根产量 and 经济效益较 F1 分别增加 14.63%、10.99%, 板蓝根中尿苷、鸟苷、(R, S)-告依春含量较 F1 分别增加 22.8%、6.5%、15.2%。**结论** 水溶肥分期施用是种植菘蓝的理想施肥模式, 最佳施肥量为壹旦 8.4 L/hm²、生物磷 10.5 L/hm²、生物钾 10.5 L/hm²。

关键词: 菘蓝; 水溶肥; 减量分期施肥; 产量; 品质; 经济效益

中图分类号: R282.2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2023)08-2782-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2023.08.057

菘蓝 *Isatis indigotica* Fort. 为十字花科菘蓝属两年生草本植物, 以根、叶入药, 其根为板蓝根, 叶为大青叶。菘蓝在全国各地均有栽培, 主要分布于甘肃、黑龙江、内蒙古和河北等地^[1], 是农民增收、脱贫攻坚和乡村振兴的支柱产业。在菘蓝生产中常用传统颗粒肥料, 采用一次性基施, 或以基施为主、追施为辅的施肥方式, 其施肥时间与作物生长需肥期严重脱节, 致使肥料利用效率较低^[2-6]。药农为提高产量和增加经济效益, 在菘蓝栽培中过量施肥现象普遍存在, 造成肥料资源浪费、土壤污染严重和药材品质下降等问题^[7-11], 严重影响菘蓝产业的健康发展。

在保障产量和品质的前提下, 探索新的施肥方式和新型肥料成为当前研究热点。水溶肥作为一种新型肥料, 较传统颗粒化肥具有水溶性好、作物吸收快、肥料利用率高、可水肥同施等优点, 分期施肥能够根据作物需肥规律施肥, 能够显著提高肥料利用效率、工作效率和经济效益^[12-18]。目前, 水溶肥及其施肥量在菘蓝栽培中的相关研究未见报道, 本实验以颗粒肥常量施肥为对照, 研究水溶肥减量分期施用对菘蓝的产量、品质 and 经济效益的影响, 以期寻找最佳的施肥量、施肥时期和施肥方式, 为水溶肥在菘蓝生

产中广泛应用提供科学施肥依据。

1 材料与方法

1.1 材料 参试品系为菘蓝 2008-11, 由平凉市农业科学院提供。供试水溶肥由壹旦 (含氮 28%)、生物磷 (含 P₂O₅ 760 g/L)、生物钾 (含 K₂O 580 g/L) 组成, 购自上海优马生物技术有限公司; 颗粒肥料由尿素 (总氮 ≥ 46%, 山西兰花科技创业股份有限公司)、过磷酸钙 (P₂O₅ ≥ 16%, 云南安宁添云磷化工有限责任公司)、硫酸钾 (K₂O ≥ 50%, 河北冀衡集团有限公司) 组成。

1.2 试区 于 2020 年 4 月至 2020 年 12 月在平凉市农业科学院崆峒试验站进行研究, 地处北纬 35°27', 东经 106°57', 海拔 1 192 m, 年均降雨量 516.7 mm, 年均气温 10.0 °C, 无霜期 145 d, 日照时数 2 378.6 h。试验地土壤为新积土, 前茬作物为山药。0~20 cm 土壤农化性状为有机质 12.1 g/kg、碱解氮 69.7 mg/kg、有效磷 11.9 mg/kg、速效钾 181 mg/kg、阳离子交换量 8.9 Cmol⁽⁺⁾/kg、总汞 0.034 0 mg/kg、总砷 18.6 mg/kg、镉 0.13 mg/kg、铬 73 mg/kg、铅 30 mg/kg、铜 28 mg/kg。

1.3 试验设计 采用完全随机区组设计, 设 5 种施肥方法, 重复 3 次, 小区面积为 8.4 m², 具体施肥量见表 1。

收稿日期: 2021-10-29

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助项目 (2021); 公益性科研专项项目 (201507002)

作者简介: 杨福红 (1982—), 男, 副研究员, 从事药用植物育种和栽培研究。E-mail: 151288935@qq.com

* 通信作者: 杜 戩 (1967—), 男, 教授, 从事药用植物育种和栽培研究。E-mail: gszldt@163.com

网络出版日期: 2022-08-23

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20220823.1113.006.html>

表 1 菘蓝减量分期施肥试验设计方案

施肥方法	分期施肥时间和施肥量		
	第 1 次施肥(8 月 2 日)	第 2 次施肥(8 月 25 日)	第 3 次施肥(9 月 10 日)
F1 颗粒常量施肥	100 g 尿素+400 g 过磷酸钙+150 g 硫酸钾	—	—
F2 水溶肥常量施肥	10.08 mL 壹旦+12.6 mL 生物磷+12.6 mL 生物钾	—	—
F3 水溶肥料常量分期施肥	5.04 mL 壹旦+3.78 mL 生物磷+2.52 mL 生物钾	4.032 mL 壹旦+5.04 mL 生物磷+3.78 mL 生物钾	1.008 mL 壹旦+3.78 mL 生物磷+6.3 mL 生物钾
F4 F3 减量 30%分期施肥	3.528 mL 壹旦+2.646 mL 生物磷+1.764 mL 生物钾	2.822 mL 壹旦+3.528 mL 生物磷+2.646 mL 生物钾	0.706 mL 壹旦+2.646 mL 生物磷+4.41 mL 生物钾
F5 F3 减量 50%分期施肥	2.52 mL 壹旦+1.89 mL 生物磷+1.26 mL 生物钾	2.016 mL 壹旦+2.52 mL 生物磷+1.89 mL 生物钾	0.504 mL 壹旦+1.89 mL 生物磷+3.15 mL 生物钾

1.4 播种与田间管理 于 2020 年 5 月 24 进行播种，播种量为 16 g/8.4 m²。出苗后按照行、株距（30 cm×8 cm）进行间苗，施肥按照试验设计进行施肥，颗粒肥料于 8 月 2 日为一次性根施，水溶肥为叶面喷施，分期施肥时间为 8 月 2 日、8 月 25 日、9 月 10 日，人工除草 3 次，其他管理措施同生产田。

1.5 田间调查及相关指标测定

1.5.1 农艺性状 于 2020 年 10 月 21 日至 2020 年 10 月 23 日进行收获，收获前取各小区中间任意 1 行连续选 10 株，测量各株农艺性状（株高、株幅、叶长、叶宽、叶片数、叶种、根长、根粗、根重等指标），并挖取小区全体植株，切头，称量叶鲜重和根鲜重，晒干后计算折干率。

1.5.2 板蓝根药用成分含量测定 参考文献 [19] 报道，2020 年 12 月至 2021 年 1 月，在甘肃中医药大学科研实验中心采用 HPLC 法测定各施肥方法中板蓝根中尿苷、鸟苷、(R, S) -告依春、腺苷含量。

1.5.3 经济效益的计算 计算单位面积经济效益，公式为单位面积经济效益=（大青叶产量×大青叶价格+板蓝根产

量×板蓝根价格）-（施肥量×肥料价格）。其中，肥料所用的费用为水溶肥价格为壹旦 18 元/L、生物磷 90 元/L、生物钾 90 元/L；颗粒肥料价格为尿素 4.0 元/kg、过磷酸钙 2.76 元/kg、硫酸钾（K₂O）3.16 元/kg。大青叶（鲜）价格为 0.7 元/kg，板蓝根（鲜）价格为 3.2 元/kg，价格为收获时当地市场收购价。

1.6 统计学分析 通过 Microsoft Office Excel 2003、DPS 7.05、SPSS 19.0 软件进行处理，数据以（ $\bar{x}\pm s$ ）表示，组间比较采用单因素方差分析。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 施肥方法对菘蓝农艺性状的影响 由表 2 可知，施肥方法对菘蓝的株高、株幅、叶长、叶片数、叶宽的有不同程度的影响，但差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）；各施肥方法对单株叶重具有显著影响（ $P<0.05$ ）。在 5 个不同的施肥方法中，单株叶重的大小为 F4>F2>F5>F1>F3，最重的为 77.40 g，最轻的为 62.67 g。综合大青叶各指标，有利于菘蓝叶生长的前 3 位施肥方法依次为 F4、F2、F5。

表 2 施肥方式对大青叶农艺性状的影响（ $\bar{x}\pm s$ ）

施肥方法	株高/cm	株幅/cm	叶长/cm	叶宽/cm	叶片数/片	单株叶重/g
F1	15.9±0.5 ^a	53.5±2.7 ^a	35.0±4.8 ^a	6.9±0.6 ^a	21.0±9.1 ^a	69.65±9.90 ^{ab}
F2	16.5±1.6 ^a	56.8±1.7 ^a	37.3±1.7 ^a	6.9±0.9 ^a	20.7±11.2 ^a	75.99±4.90 ^a
F3	16.9±1.5 ^a	55.5±3.9 ^a	35.8±3.0 ^a	7.1±1.0 ^a	19.9±12.4 ^a	62.67±4.40 ^b
F4	17.4±1.7 ^a	54.5±1.3 ^a	35.5±1.3 ^a	6.8±0.4 ^a	22.3±3.8 ^a	77.40±6.45 ^a
F5	15.6±3.7 ^a	57.3±4.8 ^a	36.2±3.1 ^a	7.6±0.9 ^a	26.6±4.9 ^a	71.36±3.35 ^{ab}

注：同列不同小写字母表示有显著差异（ $P<0.05$ ）。
由表 3 可知，施肥方法对板蓝根的根粗、侧根数和侧根重有一定程度的影响，但差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。各施肥方法对根长、单株根重和侧根高具有显著影响（ $P<0.05$ ）。在 5 个不同的施肥方法中，各施肥方法所得菘蓝的根长在 24.0~28.5 cm 之间，根长最长的为 F3，最短的为

F1。单株根重的排列顺序依次为 F4、F3、F5、F1、F2，最重为 49.71 g，最轻为 33.05 g。方差分析表明，F4、F3 的单株根重较 F1、F2 均有显著差异（ $P<0.05$ ），较 F1 分别增加 43.8%、23.2%，较 F2 分别增加 50.4%、28.9%。综合板蓝根的各指标可知，F4、F3 施肥方法有利于菘蓝根的生长。

表 3 施肥方法对菘蓝根农艺性状的影响（ $\bar{x}\pm s$ ）

施肥方法	根长/cm	根粗/mm	单株根重/g	侧根数/条	侧根高/cm	侧根重/g
F1	24.0±2.7 ^b	11.50±3.11 ^a	34.57±5.62 ^{BC}	1.8±1.2 ^a	6.4±0.9 ^{bcB}	6.21±4.48 ^a
F2	24.1±1.3 ^b	11.31±1.62 ^a	33.05±3.40 ^{cC}	2.1±1.3 ^a	6.9±1.6 ^{bB}	7.70±2.52 ^a
F3	28.5±0.7 ^a	11.92±3.53 ^a	42.59±3.39 ^{bAB}	1.8±1.2 ^a	4.5±1.0 ^{cB}	8.07±8.58 ^a
F4	26.3±3.2 ^{ab}	12.59±0.44 ^a	49.71±2.27 ^{aA}	2.4±0.5 ^a	6.6±0.8 ^{bcB}	9.67±3.40 ^a
F5	26.3±0.9 ^{ab}	12.30±0.78 ^a	36.71±2.30 ^{bcBC}	3.2±0.3 ^a	11.6±1.6 ^{aA}	11.13±4.75 ^a

注：同列不同小写字母表示有显著差异（ $P<0.05$ ），不同大写字母表示有极显著差异（ $P<0.01$ ）。

2.2 施肥方法对菘蓝产量和经济效益的影响 各施肥方法对大青叶产量、板蓝根产量和经济效益均有显著影响 ($P<0.05$)。由表 4 可知, F2 的大青叶产量、板蓝根产量和经济效益分别为 10 976.2 kg/hm²、5 357.1 kg/hm²、21 910.2

元/hm², 较 F1 的大青叶产量和经济效益分别降低 3.35%、1.55%, 板蓝根产量增加 2.90%, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 表明颗粒肥料一次性施肥略优于水溶肥一次性施肥, 但差异不明显。

表 4 施肥方法对菘蓝产量和经济效益的影响 ($\bar{x}\pm s$)

施肥方法	叶产量/ (kg·hm ⁻²)	根产量/ (kg·hm ⁻²)	肥料费用/ (元·hm ⁻²)	经济效益/ (元·hm ⁻²)	增加叶产量/ %	增加根产量/ %	增加效益/%
F1	11 357.1±265.1 ^{bcB}	5 206.3±135.4 ^{cB}	2 354.8	22 255.6±607.8 ^{cB}	0	0	0
F2	10 976.2±229.6 ^{cB}	5 357.1±440.9 ^{cB}	2 916.0	21 910.2±1 452.0 ^{cB}	-3.35	2.90	-1.55
F3	11 404.8±227.1 ^{bB}	5 682.5±428.8 ^{bcAB}	2 916.0	23 251.5±1 510.4 ^{bcB}	0.42	9.15	4.47
F4	11 984.1±162.1 ^{aA}	6 317.5±143.5 ^{aA}	2 041.2	26 563.6±541.5 ^{aA}	5.52	21.34	19.36
F5	10 085.7±154.8 ^{dC}	5 968.3±309.8 ^{abAB}	1 458.0	24 700.4±1 048.3 ^{abAB}	-11.19	14.63	10.99

注: 同列不同小写字母表示有显著差异 ($P<0.05$), 不同大写字母表示有极显著差异 ($P<0.01$)。

在 5 种施肥方法中, F4、F3 的大青叶产量分别为 11 984.1 kg/hm²、11 404.8 kg/hm², 较 F1 分别提高 5.52%、0.42%, F5 大青叶产量较 F1 分别减产 11.19%; 板蓝根产量的排列顺序依次为 F4、F5、F3、F2、F1, 最高为 6 317.5 kg/hm², 最低为 5 206.3 kg/hm², F4、F5、F3 施肥方法的板蓝根产量较 F1 施肥方式分别提高 21.34%、14.63%、9.15%; F4、F5、F3 的经济效益分别为 26 563.6、24 700.4、23 251.5 元/hm², 较 F1 的经济效益分别提高 19.36%、10.99%、4.47%。综上所述, F4 施肥方式有利于菘蓝生长发育和产量的提高, 从而增加经济效益。

选择 F2 (常量一次施用)、F3 (常量分期施用)、F4 (减量 30% 分期施用)、F5 (减量 50% 分期施用) 4 种施肥方式分析水溶肥减量分期施用对菘蓝产量和经济效益的影响, 见表 5。由此可知, 与施肥方法 F2 比较, 分期施肥方法 (F3、F4、F5) 的大青叶产量、板蓝根产量和经济效益整体上均优于 F2。随着分期施肥量的减小, 大青叶产量、板蓝根产量和经济效益均出现先增加后减小的趋势, 在 4 个水溶肥施肥方法中, 尤以 F4 为佳。F4 的大青叶产量、板蓝根产量和经济效益较 F2 分别增加 9.18%、17.93%、21.24%, 较 F3 分别增加 5.08%、11.17%、14.24%。

2.3 水溶肥减量分期施用对菘蓝产量和经济效益的影响

表 5 水溶肥减量分期施用对菘蓝产量和经济效益的影响 ($\bar{x}\pm s$)

施肥方法	叶产量/(kg·hm ⁻²)	根产量/(kg·hm ⁻²)	经济效益/(元·hm ⁻²)	增加叶产量/%	增加根产量/%	增加效益/%
F2	10 976.2±229.6 ^{cB}	5 357.1±440.9 ^{cdBC}	21 910.2±1 452.0 ^{cC}	0	0	0
F3	11 404.8±227.1 ^{bB}	5 682.5±428.8 ^{bcABC}	23 251.5±1 510.4 ^{bcBC}	3.90	6.07	6.12
F4	11 984.1±162.1 ^{aA}	6 317.5±143.5 ^{aA}	26 563.6±541.5 ^{aA}	9.18	17.93	21.24
F5	10 085.7±154.8 ^{dC}	5 968.3±309.8 ^{abAB}	24 700.4±1 048.3 ^{bAB}	-8.11	11.41	12.73

注: 同列不同小写字母表示有显著差异 ($P<0.05$), 不同大写字母表示有极显著差异 ($P<0.01$)。

2.4 施肥方法对板蓝根品质的影响 2020 年版《中国药典》一部规定, 板蓝根中 (R, S) -告依春含量不得少于 0.020% 为合格药材。研究发现, 尿苷、鸟苷和腺苷作为板

蓝根主要药用成分指标衡量药材的品质^[20-22]。由表 6、图 1 可知, 施肥方法对板蓝根中的尿苷、鸟苷、(R, S) -告依春和腺苷含量具有显著影响 ($P<0.05$)。

表 6 施肥方法对板蓝根品质的影响 ($\bar{x}\pm s$)

施肥方法	尿苷/%	鸟苷/%	(R,S)-告依春/%	腺苷/%
F1	0.046 1±0.001 8 ^{bB}	0.077 4±0.001 5 ^{cC}	0.069 6±0.000 3 ^{cC}	0.076 8±0.001 1 ^{aA}
F2	0.044 6±0.001 0 ^{bB}	0.085 8±0.000 4 ^{bAB}	0.065 7±0.000 5 ^{cC}	0.075 5±0.000 8 ^{bBaA}
F3	0.044 7±0.000 2 ^{bB}	0.084 2±0.001 4 ^{bB}	0.083 0±0.004 2 ^{bB}	0.075 9±0.000 0 ^{aA}
F4	0.054 1±0.002 5 ^{aA}	0.090 7±0.002 5 ^{aA}	0.110 8±0.003 4 ^{aA}	0.070 6±0.000 6 ^{bB}
F5	0.056 6±0.002 3 ^{aA}	0.082 4±0.002 8 ^{bB}	0.080 2±0.002 9 ^{bB}	0.076 1±0.002 7 ^{aA}

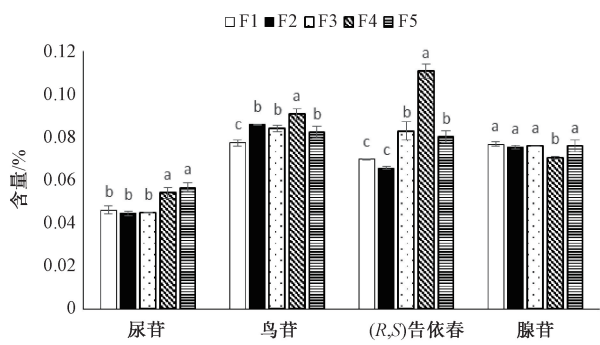
注: 同列不同小写字母表示有显著差异 ($P<0.05$), 不同大写字母表示有极显著差异 ($P<0.01$)。

在 5 种施肥方法中, 尿苷含量在 0.044 6%~0.056 6% 范围内, 其中 F5、F4 的尿苷含量较 F1 分别增加 22.8%、17.4%; 各施肥方法中鸟苷含量最高的为 F4, 最低的为 F1, F4、F2 中鸟苷的含量较 F1 分别增加 17.2%、10.9%; 各施肥方法中 (R, S) -告依春含量都高于 2020 年版《中国药典》标准, 其中 F4、F3、F5 的 (R, S) -告依春含量分别为 0.110 8%、0.083 0%、0.080 2%, 较 F1 分别增加 59.2%、19.3%、15.2%; 在 5 种施肥方法中, 腺苷含量最

高的为 F1, 其余各施肥方法中腺苷含量较 F1 都有不同程度的下降, F4 中腺苷含量较 F1 减少 8.1%。由此可知, 减量分期施用水溶肥有利于板蓝根中尿苷, 鸟苷和 (R, S) -告依春含量的积累, 从而提高板蓝根的药材质量。

3 讨论

施肥作为植物生产中养分的主要来源途径, 可直接参与或调节作物营养代谢与循环, 从而影响植物的生长发育、产量和品质^[23]。本实验中水溶肥分期施用方法在菘蓝产



注：同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

图 1 水溶肥减量分期施用对板蓝根品质的影响

量、经济效益上均优于颗粒肥料处理，这是由于水溶肥具有水肥耦合效率高的特点，可显著提高养分利用效率，有效解决颗粒肥料一次基施栽培模式下肥料利用率低、水肥供应与作物需肥规律脱节等弊端。分期施肥能最大限度根据作物需肥时期和需肥量进行精准施肥，减少肥料养分流失，提高养分的吸收与利用效率，从而增加产量和经济效益^[9-10,24-25]。严程明等^[26]研究发现，滴灌减量施肥模式下菠萝的净收益较传统施肥模式增加 92.07%；杨尚东等^[27]研究表明，滴灌减量施肥处理番茄的纯收入比常规施肥增加 15 070.4 元/hm²，增长 21.26%。本实验中水溶肥常量一次施肥 (F2) 效果不如颗粒肥料一次施肥 (F1)，但无显著性差异。这是由于水溶肥在土壤中肥效期较颗粒肥料短，菰蓝生长前期需肥量相对较少，此时一次性施用，其养分流失较颗粒肥料更严重，在菰蓝干物质积累较快的生长后期需肥量较大时，因后期缺肥 F2 较 F1 缺肥更明显，导致产量和经济效益降低，没有显著差异的具体原因有待进一步研究。

在本实验条件下，随着施肥量的减少，大青叶产量、板蓝根产量和经济效益都出现先增加后减小的趋势，在减量施肥 30% 情况下 (F4)，其产量、品质较常量施肥 (F3) 有所增加，可能与常量施肥所施入的氮磷钾过量有关，研究表明，施肥量在一定范围内，氮、磷、钾肥配施能够相互促进植株对其吸收利用而表现出正效应，当施肥量超过这个范围，肥料因子间表现相互抑制而造成生理机能下降，致使产量和品质降低^[23-27]，彭福田等^[28]研究氮素对苹果生长发育影响结果表明，高氮水平反而不利于产量增加。因此，合理减量分期施肥更有利于提高菰蓝的产量和品质，从而提高栽培菰蓝的经济效益和生态效益。

参考文献：

[1] 杨福红, 鲍国军, 王海燕, 等. 氮磷对陇东地区菰蓝生长和产量影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(15): 80-84.

[2] 王思媛. 氮磷钾对菰蓝生长、产量和质量的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.

[3] 姜丽丽, 王梓全, 史雪妍, 等. 不同施氮量对菰蓝产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(24): 107-112.

[4] 王恩军. 菰蓝栽培技术优化调控机制研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.

[5] 王康才, 唐晓清, 吴 健, 等. 配方施肥对板蓝根产量和多糖含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2007 (24): 2588-2591.

[6] 王宏霞, 蔡子平, 王国祥, 等. 甘肃中部干旱半干旱区配方施肥对板蓝根产量的影响[J]. 中兽医医药杂志, 2018, 37(4): 5-9.

[7] Sharif A, Elizabeth H, Muhammad S, *et al.* Growth, yield and nitrogen use efficiency of dry-seeded rice as influenced by nitrogen and seed rates in Bangladesh [J]. *Field Crop Res*, 2016, 186: 18-31.

[8] 郭秋萍, 梁 善, 阚玉景, 等. 减量施肥条件下甜玉米产量效应与农田氮、磷流失特征[J]. 中国农学通报, 2021, 37(9): 71-78.

[9] 徐晓峰, 焦念元. 氮肥减施对宽幅播种冬小麦产量形成和氮肥利用效率的影响[J]. 核农学报, 2021, 35 (4): 953-959.

[10] 吕慧峰, 王小晶, 陈 怡, 等. 氮磷钾分期施用对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 197-200.

[11] Liu X, Zhang Y, Han W, *et al.* Enhanced nitrogen deposition over china[J]. *Nature*, 2013, 494(7438): 459-462.

[12] 江景涛, 杨然兵, 鲍余峰, 等. 水肥一体化技术的研究进展与发展趋势[J]. 农机化研究, 2021, 43(5): 1-9.

[13] 刘 鹏, 张振都, 童旭宏, 等. 水溶性肥料的发展研究进展[J]. 现代农业科技, 2013(13): 243-244.

[14] 马遇非. “水肥一体化”技术在马铃薯栽培中的应用[J]. 现代农村科技, 2020(10): 12.

[15] 张艳艳, 李文金, 康 涛, 等. 覆盖地膜和水肥一体化技术对花生生长发育和产量的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53(1): 52-56.

[16] 罗利华, 胡田田, 陈绍民, 等. 水肥一体化模式对苹果叶片矿质元素含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2021, 49(8): 101-110; 119.

[17] 吴 云, 逯连静. 水肥一体化技术在葡萄种植中的推广应用[J]. 上海蔬菜, 2020(6): 60-61.

[18] 王 瑞, 戴润芳. 水肥一体化技术在辣椒生产上的应用研究[J]. 农业技术与装备, 2020(9): 138; 140.

[19] 杨福红, 赵 鑫, 王 盼, 等. 菰蓝种质资源评价[J]. 中成药, 2022, 44(5): 1515-1521.

[20] 柴俊雯. 14 个菰蓝自交系杂种优势及配合力分析[D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2018.

[21] 王 茜, 黄 勇, 李 斌, 等. 不同菰蓝种质主要表型性状对品质和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2020, 49 (7): 44-52.

[22] 王 斌, 张腾霄, 刘利军, 等. 国内板蓝根药材质量评价方法的研究现状[J]. 贵阳中医学院学报, 2013, 35(2): 31-33.

[23] 孔庆波, 栗方亮, 张 青. 滴灌条件下减量施钾对香蕉产量及土壤钾素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(2): 312-321.

[24] 张 晶, 党建友, 裴雪霞, 等. 微喷灌水肥一体化下磷钾

肥减量分期施用对小麦产量和养分利用的影响[J]. 核农学报, 2020, 34(3): 629-634.

[25] 杨启航, 刘永来, 李淮源, 等. 水肥一体化减量施肥对坡地烤烟肥料利用率及土壤养分平衡的影响[J]. 西南农业学报, 2020, 33(9): 2027-2036.

[26] 严程明, 张江周, 石伟琦, 等. 滴灌施肥对菠萝产量、品质及经济效益的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(2): 496-502.

[27] 杨尚东, 吴俊, 周柳强, 等. 非饱和灌溉条件下番茄施肥减量技术研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(7): 1232-1236.

[28] 彭福田, 姜远茂, 顾曼如, 等. 不同负荷水平下氮素对苹果果实生长发育的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(6): 690-694.

基于 2020 年版《中国药典》的中药显微数据库开发

鲁 轮¹, 陈随清^{1,2*}, 张成中³

(1. 河南中医药大学药学院, 河南 郑州 450046; 2. 呼吸疾病诊疗与新药研发河南省协同创新中心, 河南 郑州 450046; 3. 海军军医大学药学院, 上海 200433)

摘要: **目的** 开发基于 2020 年版《中国药典》的中药显微数据库, 为检索中药显微特征图谱、学习显微鉴定知识、解决显微标准问题提供方案。**方法** 将药典显微标准电子化, 提取中药名、显微特征等关键信息并进行归纳分类, 作为搜索关键词或关联事项, 制作中药显微数字化检索和学习数据库。**结果** 共梳理出中药材粉末显微特征 1 768 条、中成药显微特征 3 001 条, 涵盖中药材、中成药、中药的显微特征数据库, 能实现显微标准、显微图谱的快速检索及中药显微鉴定知识的学习。**结论** 中药显微数据库具有功能多、实用性强、易操作等特点, 可为显微操作人员与大专院校学生提供显微鉴定数字化检索与学习平台。

关键词: 中药显微数据库; 2020 年版《中国药典》; 中药; 显微标准; 显微数字化

中图分类号: R282.5 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2023)08-2786-05

doi: 10. 3969/j. issn. 1001-1528. 2023. 08. 058

中药显微鉴定自二十世纪中期发展至今, 经过了近八十年的发展历程, 但近年来相关科研成果报道较少, 标准问题突出, 基层开展难度大, 严重影响了其发展。目前随着信息化、数字化技术发展, 使中药显微鉴定标准数字化、显微图谱可视化、显微知识共享化成为了可能, 加之《“十四五”国家药品安全及促进高质量发展规划》^[1]要求“加强中药监管技术支撑, 建立国家级中药民族药数字化基础数据库”, 使 2020 年版《中国药典》^[2]中药显微数字化迎来了更好的发展机遇。

目前, 关于中药显微数字化的研究主要集中在技术^[3-12]、数字化实例^[13-19]、系统开发^[20]等方面, 尚无对 2020 年版《中国药典》开展专业的显微数字化数据库开发报道。因此, 本研究建立适合 2020 年版《中国药典》药材和中成药显微鉴定标准检索和学习数据库, 有利于改变显微鉴定学习与操作人员不了解操作方法、操作不规范、显微特征识别不清晰、显微鉴定经验不足、显微鉴定技术缺

少传承等现状, 提高中药显微鉴定标准的执行及标准操作的规范化, 同时可使初学显微鉴定技术的专业人员快速掌握学习方法、操作技能、实践应用。

1 2020 年版《中国药典》显微鉴定标准现状

1.1 药材 2020 年版《中国药典》一部共收载药材 1 252 个^[21], 其中 586 个收录了显微标准, 按照药用部位分类, 以根、根茎类品种最多, 其次是果实、种子类品种, 具体见图 1。按照动植物分类学分类, 上述相关中药材涉及动植物 157 个科, 以菊科最多, 其次是豆科, 具体见图 2, 而动物类以鹿科、牛科最多, 各为 4 个。

1.2 显微特征 在 586 个收录显微鉴定标准的药材中, 有 371 个收录了粉末显微鉴定, 204 个收录了组织横切面显微鉴定, 51 个收录了表面制片显微鉴定。经过梳理, 共收录粉末特征 1 768 个, 以 151 个纤维(包含韧皮纤维、木纤维、果皮纤维等)最多, 其次是 124 个石细胞, 具体见图 3。

收稿日期: 2023-03-14

基金项目: 2020 年度河南省高等学校教学名师项目(教高[2020]434 号); 2022 年第四批河南省创新生态支撑专项(豫财科[2022]24 号); 海军院校训练条件建设项目(XLTJ2018009); 海军军医大学教学平台建设项目(PTB2021009); 海军军医大学药理学系教改课题(ZL202202)

作者简介: 鲁 轮(1991—), 男, 博士, 研究方向为中药资源、中药鉴定、分子生药学。E-mail: 1152799934@qq.com

* **通信作者:** 陈随清(1962—), 男, 博士, 教授, 研究方向为中药品种整理与质量标准。E-mail: suiqingchen0371@163.com