

水土农化因子与利川莼菜产量的相关关系研究

龚汉雨^{1,2,3}, 柯金松^{1,2,3}, 董琪琪^{1,2,3}, 邓红平⁴, 冉露⁴, 周富忠⁴, 邓楚洪⁴, 余光辉^{1,2,3}

(1.中南民族大学武陵山区特色资源植物种质保护与利用湖北省重点实验室, 湖北武汉 430074; 2.中南民族大学南方少数民族地区资源保护综合利用联合工程中心, 湖北武汉 430074; 3.中南民族大学生命科学学院, 中国莼菜研究所, 湖北武汉 430074; 4.利川市农业农村局, 湖北利川 445000)

摘要 随机检测了5处主产区水土的农化因子,并分析了与莼菜生长发育和产量的相关关系。结果显示,虽然各田块间部分因子存在极显著或显著差异,但基本低于相关标准或处于前人研究的正常值范围内。说明莼菜田水土未受到人类农事活动的污染,化学性质总体上较稳定,田块间莼菜生长发育和产量未出现显著差异,且与农化因子之间也无显著相关性。说明当前莼菜田水土和周边生态环境条件良好,莼菜的生长和产量可能主要与栽培管理措施有关,该研究结果为探索莼菜高产栽培技术和制定保护策略奠定了基础。

关键词 莼菜;农业化学;水质;土质;产量

中图分类号 S645.9 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)14-0039-07

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.14.010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation of Agricultural Chemistry Factors in Water and Soil and the Yields of *Brasenia schreberi* in Lichuan

GONG Han-yu^{1,2,3}, KE Jin-song^{1,2,3}, DONG Qi-qi^{1,2,3} et al (1.Hubei Provincial Key Laboratory for Protection and Application of Special Plants in Wuling Area of China, South-Central University for Nationalities, Wuhan, Hubei 430074; 2.Engineering Research Centre for the Protection and Utilization of Bioresource in Ethnic Area of Southern China, South-Central University for Nationalities, Wuhan, Hubei 430074; 3.*Brasenia schreberi* Research Institute of China, College of Life Sciences, South-Central University for Nationalities, Wuhan, Hubei 430074)

Abstract The agricultural chemistry factors in water and soil and the correlations between the growth and yields of this plant were detected randomly and analyzed successively in 5 different villages. The results indicated that although some factors in water and soil among the fields showed extremely significant and significant difference, the contents were far lower than the relate standards or in the normal ranges of previous studies. The chemistry characters in fields maintained stability and were not affected by the pollutions of nearby farming activities, and the growth and yields of water shield also did not show significant different between fields. The correlation analysis also showed that the agricultural chemistry factors in the water and soil did not exert substantial effect on the growth and yields of water shield. These results indicated the water and soil quality and eco environmental conditions were better, and the growth and yields of water shield were mainly attributed to the cultivations and managements by the farmers. This research would lay the foundation for cultivation of higher yield and formulating a protection policy of this plant resource.

Key words *Brasenia schreberi*; Agricultural chemistry; Water quality; Soil quality; Yield

莼菜(*Brasenia schreberi* J.F.Gmel.) 隶属于睡莲科或水盾草科或莼菜科(Cabombaceae) 莼菜属(*Brasenia*)^[1-3] 多年生植物,也是极具民族地区特色的水生蔬菜,被列为利川市脱贫攻坚的支柱产业。莼菜的嫩芽和嫩叶依附有透明果胶质,其内含有丰富的多糖、氨基酸、多酚、蛋白质、维生素、组胺及锌、钙、铁和硒等微量元素^[4-5],具有抗肿瘤、抗溃疡、抗菌消炎和促进免疫等生物活性功能,被冠以“世界珍奇”“中国一绝”“21世纪生态蔬菜”“生命蔬菜”“美容蔬菜”“人类的免疫促进剂”等多种荣誉称号,是我国传统药食两用的名贵蔬菜。近年来,随着全球气候变暖和人为活动的影响,野生莼菜的自然种群数量急剧减少,分布范围大幅缩减,被列为国家一级濒危植物。其栽培种则主要分布于利川市佛宝山和凉雾乡、浙江西湖、江苏太湖以及四川螺吉山地区^[1,6]。

莼菜是多年生宿根草本植物,以无性繁殖为主,遗传多样性较低,种群结构单一。莼菜栖息于山区原生态水田或者沼泽湿地中,喜清澈、冷凉且流动的优质山泉水,要求土壤有机质含量丰富,生态环境和谐,才能确保形成厚实的黏液果胶^[4-5]。

利川市拥有适宜莼菜生长的独特生态环境和山地高寒

气候,人工栽培种和作为水生蔬菜的产业都方兴未艾,被誉为中国莼菜之乡。利川莼菜因质优量大、营养丰富而被评为国家地理标志产品^[4,7]。鉴于莼菜野生种群处于极度濒危状态,通过研发高产栽培技术,促进生长发育,改善产量性状进而促进莼菜栽培种群的稳定和均衡发展,是目前保护该濒危植物不被灭绝的最有效方式。笔者通过对利川市莼菜主产区水土样品随机进行农化检测和分析,探讨其和莼菜生长及产量的相关性,为研究莼菜抵御不良环境因子的内在生物学机理、濒危原因,进而制定相关的保护措施奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料 取样时间为2019年6月6日,取样地点为利川市莼菜主产区——凉雾乡的仙女洞(XND, 108°48'06"E, 30°12'01"N)、陶家沟(TJG, 108°50'16"E, 30°13'09"N)、水源头村(SYT, 108°56'51"E, 30°12'35"N)、继昌村(JCC, 108°47'52"E, 30°10'10"N)和玉尔沟(YEG, 108°41'09"E, 30°14'21"N),每个地点不同田块中随机9次取样。

1.2 方法

1.2.1 水土农化检测方法。水环境和土壤环境农化检测方法和仪器见表1、2。

1.2.2 产量检测。鉴于莼菜嫩芽为主要食用部分,重复检测田中单位面积(1 m²)上莼菜嫩芽产量和单个嫩芽的重量,重复样本为n=9。

基金项目 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(CZZ21004);湖北省恩施州级重点人才项目“利川市莼菜高产栽培技术研究”。

作者简介 龚汉雨(1974—),男,湖北武汉人,副教授,博士,从事植物生理学研究。

收稿日期 2021-09-22;修回日期 2021-11-02

1.3 数据分析 使用 GraphPad Prism 8 软件进行显著性差异(One way ANOVA, Multiple comparisons) 和相关性的数据分析(Linear regression, Correlation)。

2 结果与分析

2.1 水质分析 水质检测结果见图 1,结合国家生态环境部于 2021 年 1 月 20 日发布的农田灌溉水质标准(GB 5084—2021) 的限值,结果表明,水源头村(SYT) 的五日生化需氧量分别与 TJG、JCC 和 YEG 之间存在极显著差异,与 XND 之间存在显著差异,但均远低于 60 mg/L;化学需氧量和五日生化需氧量类似,只是增加了 XND 和 JCC 之间的显著差异,也远低于 150 mg/L 的标准(图 1A、B)。同时,依据《地表水环

境质量标准》(GB 3838—2002),化学需氧量和五日生化需氧量基本处于二三类水质指标范围内;氯化物和全盐量含量在各田块间差异极显著,但氯化物含量远低于 350 mg/L,甚至远低于生活饮用水卫生标准(GB 5749—2006) 的 250 mg/L 限值(图 1C);全盐量也远低于非盐碱地 1 000 mg/L 的标准值(图 1D),说明水体受人类活动影响较小,未受到污染;pH 在田块间显著差异,均处于 5.5~8.5 正常值范围内(图 1E)。此外,阴离子表面活性剂、硫化物和六价铬均未检出(数据未提供)。上述结果说明水体中的各种化学成分和污染物未超出国家标准,未受到人类活动的污染,化学性质总体上较稳定。

表 1 水环境农化检测方法和仪器

Table 1 Detection methods and instruments of agricultural chemistry in water

序号 Serial number	检测项目 Test items	检测依据标准号 Test basis standard No.	检测方法 Test method	仪器名称 Instrument name	仪器型号 Instrument model	检出限 Detection limit//mg/L
1	pH	GB 6920—1986	玻璃电极法	pH 计	pHS-3C	—
2	化学需氧量	HJ 828—2017	重铬酸盐法	电子天平、酸式滴定管	AUY-120	4
3	五日生化需氧量	HJ 505—2009	稀释与接种法	生化培养箱	SPX-250B-Z	2.0
4	阴离子表面活性剂	GB 7494—1987	亚甲基蓝分光光度法	紫外可见分光光度计	TU-1901	0.05
5	全盐量	HJ/T 51—1999	重量法	电子天平	AUY-120	—
6	氯化物	HJ 84—2016	离子色谱法	离子色谱仪	CIC-100	0.007
7	硫化物	GB/T 16489—1996	亚甲基蓝分光光度法	紫外可见分光光度计	TU-1901	0.005
8	六价铬	GB 7467—1987	二苯碳酰二肼分光光度法	紫外可见分光光度计	TU-1901	0.004
9	粪大肠菌群	HJ/T 347—2007	多管发酵法	立式压力蒸汽灭菌器	YXQ-LS-50G	—

表 2 土壤环境农化检测方法和仪器

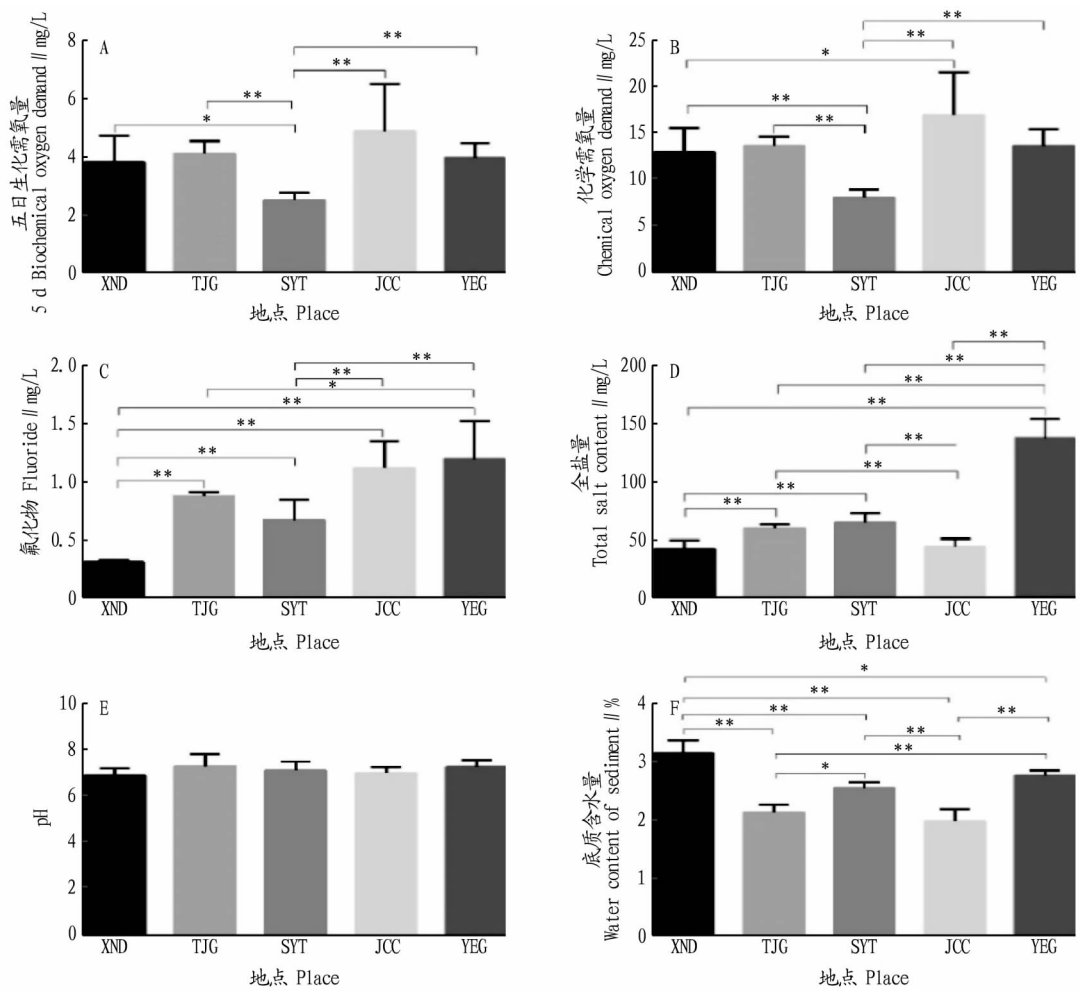
Table 2 Detection methods and instruments of agricultural chemistry in soil

序号 Serial number	检测项目 Test items	检测依据标准号 Test basis standard No.	检测方法 Test method	仪器名称 Instrument name	仪器型号 Instrument model	检出限 Detection limit
1	六六六	《全国土壤污染状况调查样品分析测试技术规范》国家环保总局(HJ835, HJ921)(2018 年)	气相色谱法	气相色谱仪	GC7890B	1.0×10 ⁻³ mg/kg
2	滴滴涕	《全国土壤污染状况调查样品分析测试技术规范》国家环保总局(HJ835, HJ921)(2018 年)	气相色谱法	气相色谱仪	GC7890B	1.0×10 ⁻³ mg/kg
3	有机质	HJ 695—2014	燃烧氧化-非分散红外法	总有机碳分析仪	TOC-L CPN	0.07 g/kg
4	有效磷	NY/T 1121.7—2014	电感耦合等离子发射光谱法	电感耦合等离子发射光谱仪	G8462A	0.6 mg/kg
5	速效钾	LY/T 1234—2015	火焰原子吸收法	原子吸收光谱仪	AA Duo 240FS	0.3 mg/kg
6	水解氮	LY/T 1228—2015	容量法	50 mL 两用滴定管棕色	50 mL 两用滴定管棕色	14 mg/kg
7	全氮	HJ 717—2014	容量法	具塞滴定管	25 mL 无色两用	48 g/kg
8	pH	NY/T 1377—2007	仪器法	pH 计	pHS-3C	—
9	底质含水量(干)	HJ 613—2011	重量法	电子天平	AUY-120	—

2.2 土质分析 检测结果见图 2,滴滴涕和六六六在田块间差异不显著,远低于《农用地土壤污染风险管控标准(试行) GB 15618—2018》中风险筛选值 0.1 mg/kg(图 2A、B),说明利川当地各个不同小气候条件下莼菜田土壤未受到明显农事活动的污染,农药残留量极小。

全氮含量基本超过了《南方地区耕地土壤肥力诊断与评价(NY/T 1749—2009)》中有关南方地区土壤肥力评价的主

要理化指标建议值,且在不同田块间出现显著或者极显著差异,但水解氮在各个田块间差异不显著,根据全国第二次土壤普查养分分级标准,全氮和水解氮含量基本处于三级水平之上(图 2C、D),与湖北省主要稻田土壤数值变化范围一致^[8],可能是土壤中的难溶解有机氮的差异导致全氮的显著差异,但对于莼菜生长供应有效氮素的能力方面则差异不显著。



注: * 表示差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)
Note: * indicated significant different level ($P < 0.05$), ** indicated significant different level ($P < 0.01$)

图 1 水质检测分析结果
Fig.1 Analysis results of water quality test

结合绿色食品产地土壤肥力等级标准,速效钾为 100~150 mg/kg,基本处于一、二级范围内(图 2E),有效磷 >15 mg/kg,处于一级指标范围内(图 2F);也与王伟妮等^[9]研究的鄂西南地区变幅 17.0~243.0 相一致,达到二级水平,超过了《南方地区耕地土壤肥力诊断与评价(NY/T 1749—2009)》中南方地区土壤肥力评价主要理化指标标准值;各田块间 pH 无显著差异,且处于 5.5~8.5 正常值范围内(图 2G),与湖北省主要水田土壤 pH 变化范围相一致(《湖北土壤》2015),也处于 5.5~7.5 的变化范围内,为 3~4 级土壤^[9]。根据全国第二次土壤普查推荐的肥力分级标准,虽然仙女洞(XND)田内土壤有机质含量极显著超过了其他田块,水源头村也显著高于继昌村,但基本处于一、二级范围内(>3%),为“丰富”级(图 2H),且与底质含水量(图 1F)变化范围相一致。

2.3 产量分析 随机分析 5 个村田块内单个嫩芽和单位面积(1 m²)内嫩芽的鲜重,结果表明,5 个田块间产量指标无显著差异($P > 0.05$),所有田块内蔬菜生长发育状况和产量基本一致(图 3)。

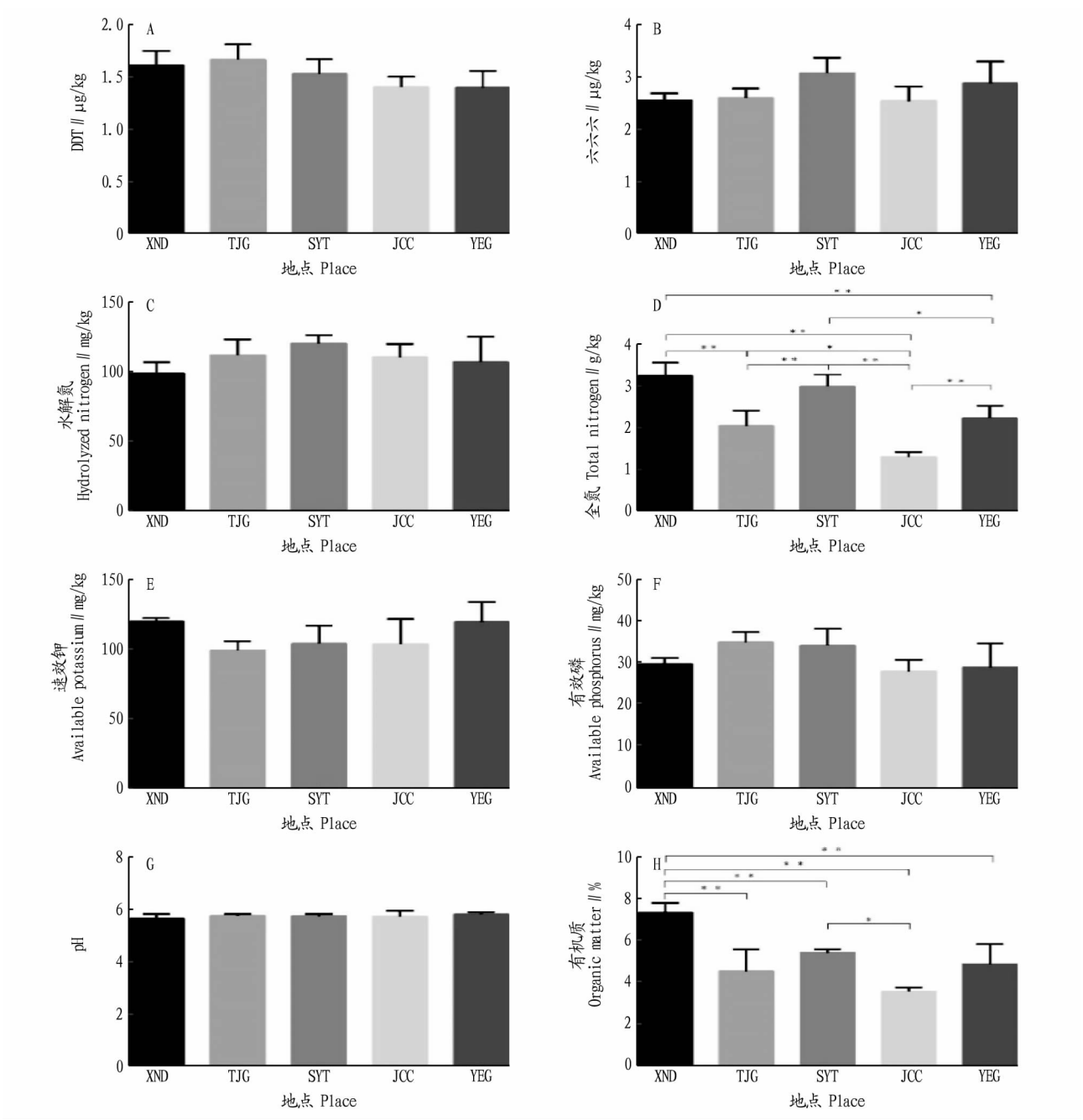
2.4 相关性分析 分析了单个茎尖鲜重 WSS(weight of sin-

gle shoot)和单位面积产量($n=9$)分别与水体中 5 种、土壤中 9 种农化指标的相关性(图 4、5)。结果表明,水体中农化指标与单芽重和产量均无显著相关性;而在土壤农化指标中,除仙女洞田块中底质含水量与产量表现出显著相关性外($P < 0.05$),其他均无显著差异($P > 0.05$),表明水土中各类农化因子未对蔬菜生长发育和产量指标产生明显影响,也说明田内生态环境和水土条件比较适宜蔬菜生长发育,该地区的蔬菜长势和产量比较稳定。

3 讨论

结合国家各类水质标准,各田块内水体在一些农化指标上出现极显著或显著差异,但均远低于相关标准,部分指标尚未检出,农药残留量极低,说明水质总体上保持优良,基本处于二三类水质指标范围内,与前人研究结果一致。说明水体受人类农事活动影响较小,未受到污染,化学性质总体上较稳定。由于蔬菜田长期实行流动的活泉水灌溉,也证明了该方式是保持水质优良和蔬菜良好生长的主要原因^[10-11]。

土壤是农业生态系统营养元素循环中的重要组成成分,调控各类营养元素的贮存、释放和转化,并受到成土母质、气候条件、土地耕作方式、植被变化以及施肥方式等人为和自



注: * 表示差异显著 ($P<0.05$), ** 表示差异极显著 ($P<0.01$)
Note: * indicated significant different level ($P<0.05$), ** indicated extremely significant different level ($P<0.01$)

图2 土壤检测分析结果
Fig.2 Analysis results of soil test

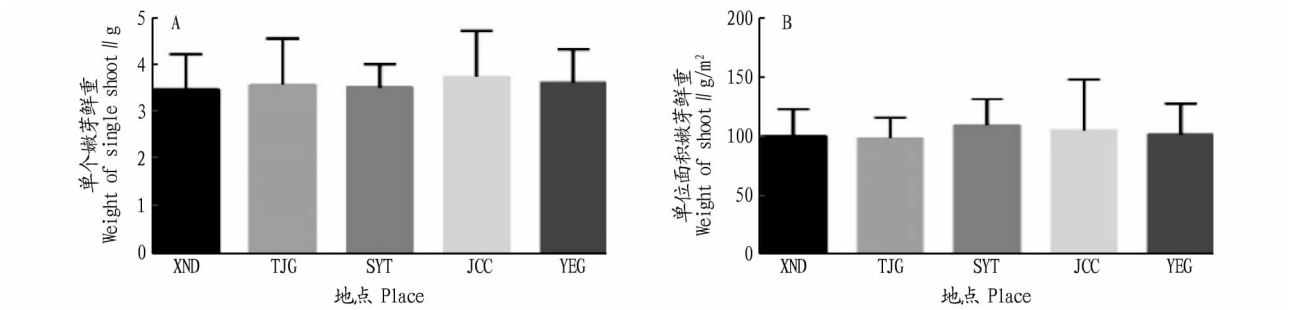
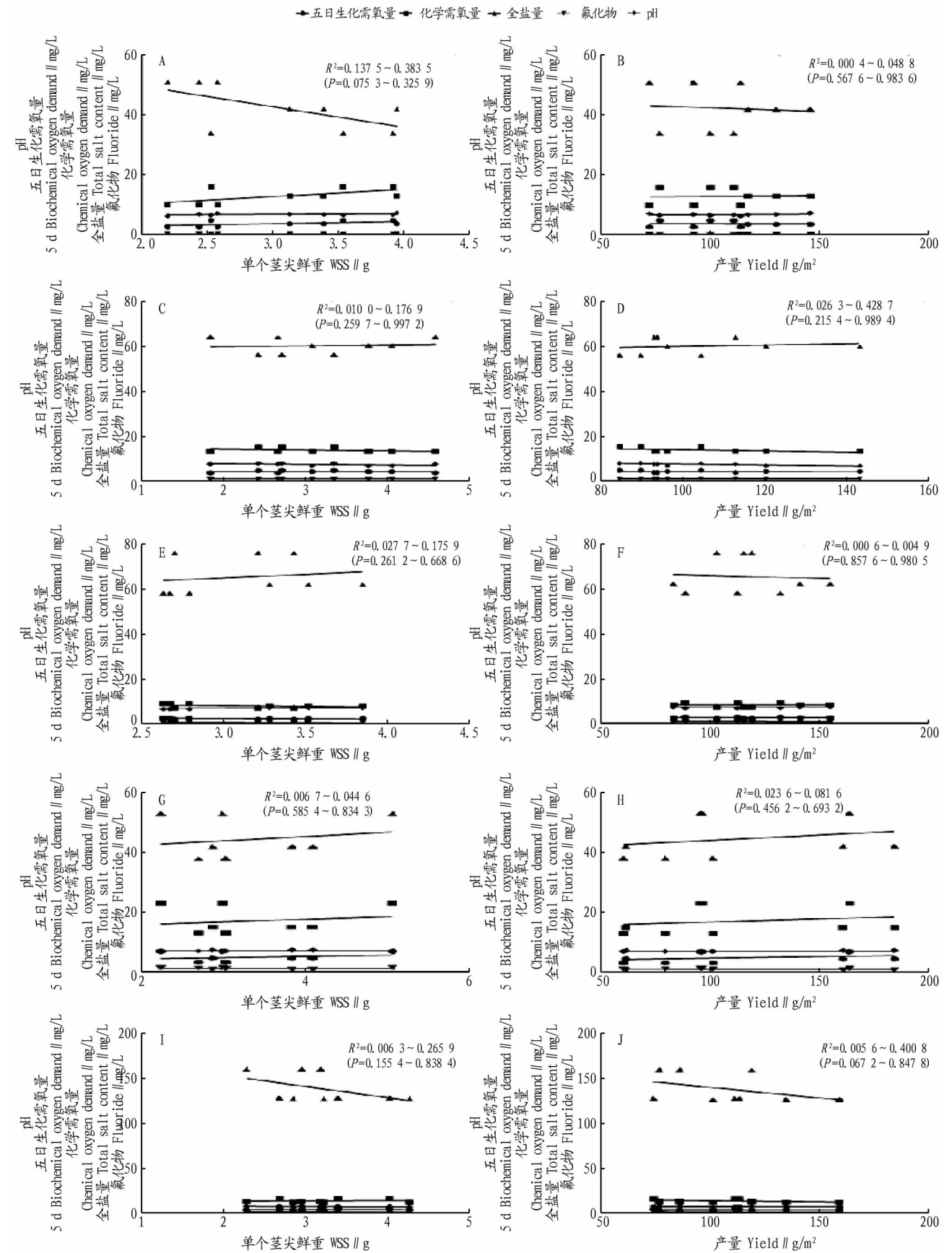


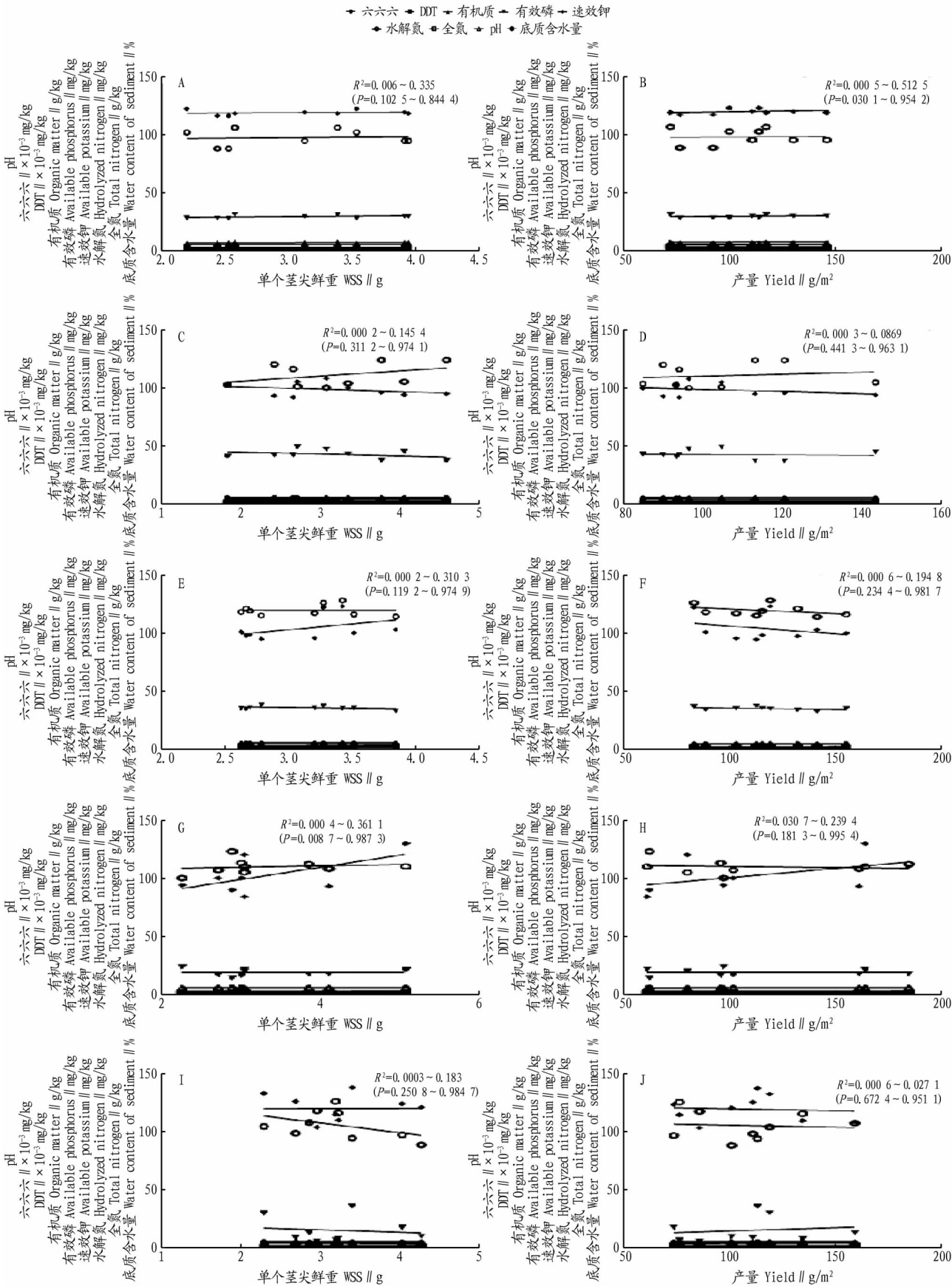
图3 产量分析
Fig.3 Output analysis



注: A、B 为仙女洞村(XND); C、D 为陶家沟村(TJG); E、F 为水源头村(SYT); G、H 为继昌村(JCC); I、J 分别为玉尔沟村(YEG)

图 4 单个茎尖鲜重和产量与水质农化指标相关性分析

Fig.4 Correlation analysis of agricultural chemical factors in water between fresh mass and production of shoot buds



注: A、B 为仙女洞村(XND); C、D 为陶家沟村(TJG); E、F 为水源头村(SYT); G、H 为继昌村(JCC); I、J 为玉尔沟村(YEG)

图 5 单个茎尖鲜重和产量与土壤农化指标相关性分析

Fig.5 Correlation analysis of agricultural chemical factors in soil between fresh mass and production of shoot buds

然因素的综合影响^[12-14]。各田块内速效养分如水解氮处于三级水平之上;有效磷达到二级水平;速效钾基本处于一、二级范围内;且差异不显著。速效养分能够较灵敏地反映土壤氮、磷、钾素动态和供应水平^[15-16],且含量稳定,莼菜生长和产量未出现显著差异且保持稳定,说明田内速效养分能满足莼菜生长所需。该研究还发现莼菜田内速效钾含量略高于水稻田^[13],而莼菜田为多年长期淹水状态,淹水时间长于水稻田,再次印证了长期淹水环境有利于钾元素通过“向下淋溶”效应而富集在土壤中的这一结论^[13-14]。全量养分如全氮含量超过相关标准,且出现显著或者极显著差异,但还处于三级水平之上;有机质含量和底质含水量相对于其他田块间达极显著或者显著水平,基本都处于一、二级范围以内。导致上述结果的原因可能是土壤中难溶解的有机氮的差异致使全氮含量出现显著差异,小气候和小环境以及独特的当地土壤母质导致有机质含量差异;由于莼菜田实行的是活泉水流动灌溉,各类速效养分交换频繁,导致差异不显著,但又能够满足莼菜生长所需。说明有机质虽然出现了显著差异,但仍能够持续为莼菜田提供足够的速效养分,是速效养分供应的基石,且对于莼菜减少对重金属的吸收,保持天然无公害的特性具有重要作用^[15]。

各田块间 pH 无显著差异,且处于 5.5~8.5 正常值范围内,有利于维持土壤养分的有效性、微生物的生物量和多样性以及土壤酶活性^[16-19]。同时 DDT 和六六六含量极低,未出现显著差异且远低于国家相关标准,说明周边小环境生态条件优越,农事活动较少、保护措施严格。

各田块水土农化指标与莼菜生长和产量之间无显著相关性。说明莼菜田内水土营养元素和优良生态环境完全能够满足莼菜生长需要,莼菜长势和产量已经达到稳定的平衡状态。鉴于莼菜对环境条件要求较高,对水土中各种农化因子含量变化极为敏感,因此,可以考虑在人工控制条件下调节某些因子,以探索对莼菜生长和产量产生显著影响的“临界浓度”,构建更高的水土养分平衡状态,从而实现产量提升^[20]。

由于莼菜是国家一级濒危植物,对水土质量和生态环境要求极高,水土中的农化因子含量对其生长发育、产量以及

品质都有全方位的影响。该试验结果提供了当前莼菜田中水土的部分化学性质,为保护这一珍稀植物资源,进一步促进莼菜产业可持续发展,有必要对利川莼菜田水土农化因子含量等化学因素的变化持续监测和研究,为确立莼菜的最佳生长条件和研发标准化高产栽培管理技术,以及制定保护策略奠定基础。

参考文献

[1] 于丹.中国北部莼菜(*Brasenia schreberi*) 地史分布与生态适应[J].植物研究,1991,11(4):99-105.

[2] 倪学明,於炳,周远捷,等.睡莲科的属间关系研究[J].武汉植物学研究,1994,12(4):311-320.

[3] 于永福.中国野生植物保护工作的里程碑:《国家重点保护野生植物名录(第一批)》出台[J].植物杂志,1999(5):3.

[4] 刘虹,黄文,黄凌丽,等.莼菜资源及其营养成份研究进展[J].植物学研究,2019,8(1):7-14.

[5] 张帆,杨朝东,王晓娥,等.莼菜活体黏液毛结构及离子通透性生理研究[J].长江大学学报(自然科学版),2020,17(3):85-90.

[6] 董翔,刘虹,马梦雪,等.利川莼菜种质资源原生环境保护区的莼菜群落特征[J].生物资源,2018,40(3):252-256.

[7] 孙志国,张敏,程东来,等.国家地理标志产品利川莼菜的保护现状分析[J].长江蔬菜,2010(6):1-4.

[8] 廖志文,邓细民,胡承孝,等.湖北省不同区域水稻土的养分状况[J].华中农业大学学报(自然科学版),2007,26(2):186-190.

[9] 王伟妮,鲁剑巍,鲁明星,等.水田土壤肥力现状及变化规律分析:以湖北省为例[J].土壤学报,2012,49(2):319-330.

[10] 王苗苗,吴宜钟,吴亚胜,等.莼菜优质高产种植技术[J].现代农业科技,2018(1):64-65.

[11] 刘蔺琼,罗西,胡美华,等.西湖莼菜优质高产栽培技术[J].长江蔬菜,2019(16):38-40.

[12] 王淑英,胡克林,路苹,等.北京平谷区土壤有效磷的空间变异特征及其环境风险评价[J].中国农业科学,2009,42(4):1290-1298.

[13] 王胜佳,陈义,吴春艳,等.施用不同肥料对稻田作物产量与土壤肥力的长期影响[J].浙江农业学报,2004,16(6):372-376.

[14] 刘灿华,袁天佑,闫军营,等.减氮配施腐植酸对耕层土壤理化性质的影响[J].中国土壤与肥料,2020(5):77-83.

[15] 鲁洪娟,周德林,叶文玲,等.生物有机肥在土壤改良和重金属污染修复中的研究进展[J].环境污染与防治,2019,41(11):1378-1383.

[16] 唐琨,朱伟文,周文新,等.土壤 pH 对植物生长发育影响的研究进展[J].作物研究,2013,27(2):207-212.

[17] 郑先坤,冯秀娟,陈哲,等.离子型稀土矿开采环境问题及废弃地修复治理研究进展[J].应用化工,2019,48(3):681-684.

[18] 王昆昆,廖世鹏,任涛,等.连续秸秆还田对油菜水稻轮作土壤磷素有效性及作物磷素利用效率的影响[J].中国农业科学,2020,53(1):94-104.

[19] 李峰,周方亮,黄雅楠,等.减施化肥下紫云英和秸秆还田对土壤养分及活性有机碳的影响[J].华中农业大学学报,2020,39(1):67-75.

[20] 龚汉雨,宋雪扬,邓楚洪,等.重金属离子含量对利川莼菜生长的影响[J].生物资源,2018,40(1):83-91.

(上接第 35 页)

[8] 吕巨智,范继征,谢小东,等.不同耕作方式对玉米生长发育、产量及品质的影响[J].山东农业科学,2021,53(7):34-38.

[9] 殷文,郭瑶,范虹,等.西北干旱灌区不同地膜覆盖利用方式对玉米水分利用的影响[J].中国农业科学,2021,54(22):4750-4760.

[10] TOLIVER D K, LARSON J A, ROBERTS R K, et al. Effects of no-till on yields as influenced by crop and environmental factors[J]. Agronomy journal, 2012, 104(2): 530-541.

[11] 张德伟,蒋雨洲,刘春梅,等.秋翻结合秸秆还田对土壤性状、玉米生长

及养分吸收的影响[J].江苏农业科学,2021,49(20):113-119.

[12] 张丽华,徐晨,于江,等.半湿润区秸秆还田对土壤水分、温度及玉米产量的影响[J].水土保持学报,2021,35(4):299-306.

[13] 郭良海,高建胜,郭智慧,等.播种方式对夏玉米农艺性状及产量的影响[J].安徽农业科学,2018,46(17):59-61.

[14] 李景,吴会军,武雪萍,等.长期免耕和深松提高了土壤团聚体颗粒态有机碳及全氮含量[J].中国农业科学,2021,54(2):334-344.

[15] 徐萍,杨宪杰,冯佐龙,等.华北平原小麦新型耕作施肥播种方式增产增效研究[J].中国生态农业学报,2022,30(5):831-841.