

四川省自动土壤水分站土壤水文·物理特性分析

郭旭¹, 苑跃^{2*}, 杜冰¹, 吴薇¹, 龙柯吉³

(1. 四川省气象探测数据中心, 四川成都 610072; 2. 四川省气象灾害防御技术中心, 四川成都 610072; 3. 四川省气象台, 四川成都 610072)

摘要 为了更全面地了解四川地区的土壤水文、物理特性, 获得更准确可靠的自动土壤水分资料, 研究了四川省 184 个自动土壤水分站的土壤水文、物理常数, 包括土壤质地、田间持水量、土壤容重和凋萎湿度。结果表明, 四川地区土壤质地以壤土类为主, 约有 44% 的县(区)为壤土类土质, 其次是黏土类, 约占 30%, 砂土类地区最少, 仅占 5%。自动土壤水分站田间持水量的分布为 12.5%~36.7%; 土壤容重的分布为 1.00~2.13 g/cm³; 凋萎湿度的分布为 3.1%~16.9%。研究还发现, 部分站点测定的土壤水文、物理特性存在疑问, 特别是凋萎湿度差异较大, 问题站点较多。

关键词 自动土壤水分站; 土壤质地; 田间持水量; 土壤容重; 凋萎湿度

中图分类号 S153 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)11-0004-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.11.002



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Soil Hydrological and Physical Characteristic of Automatic Soil Moisture Stations in Sichuan Province

GUO Xu¹, YUAN Yue², DU Bing¹ et al (1. Sichuan Provincial Meteorological Observation and Data Centre, Chengdu, Sichuan 610072; 2. Sichuan Province Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Chengdu, Sichuan 610072)

Abstract For a more comprehensive understanding of soil hydrological and physical characteristic in Sichuan Province and obtaining more accurate and reliable automatic soil moisture station data, we analyzed and researched the soil hydrological and physical characteristic of automatic soil moisture stations in Sichuan Province, including soil texture, field capacity, soil bulk density and fade humidity. The results showed that the soil texture in Sichuan Province was dominated by loam soil, about 44% of counties were loam soil, the second was clay soil, about 30%, and the least was sandy soil, only 5%. The distribution of field capacity ranged from 12.5% to 36.7%, the soil bulk density ranged from 1.00 g/cm³ to 2.13 g/cm³, and the fade humidity ranged from 3.1% to 16.9%. And we also found that the soil hydrological and physical characteristic of some automatic soil moisture stations were not accuracy, especially the fade humidity, there were many stations with problems.

Key words Automatic soil moisture station; Soil texture; Field capacity; Soil bulk density; Fade humidity

根据中国气象局的统一安排和部署, 四川省气象局及各市(州)、县气象局自 2009 年起开始建设自动土壤水分观测站, 现已建成自动土壤水分站 190 个。自动土壤水分站的投入使用不仅大大降低了农业气象观测人员的工作量, 也在时间和空间层面上提升了土壤水分的观测密度, 格式统一的观测数据应用起来也十分方便, 为旱涝监测、科学研究, 特别是为农业气象服务提供了更系统和实用的资料。

自动土壤水分站主要利用频域反射法(FDR, frequency domain reflection)测定不同层次土壤的体积含水率^[1], 再结合土壤水文、物理特性计算出各层土壤的重量含水率、相对湿度和有效水分贮存量。因此, 土壤水文、物理特性是自动土壤水分站必不可少的参数。其中土壤水文特性, 也称做土壤水文特性常数或土壤农业水文特性, 是用来表明土壤水分对植物的有效程度、土壤持水能力以及土壤水分流动性的特征值, 包括田间持水量、凋萎湿度、饱和持水量、毛管持水量、土壤最大吸湿度等。而土壤的物理特性反映了土壤的物理性质, 是决定土壤水分、空气和温度状况的特征值, 也称为土壤农业物理特性, 包括土壤容重、比重、孔隙度等^[2]。

根据自动土壤水分站的建设要求, 在选定观测地段后,

应按照《农业气象观测规范》中的规定和方法, 在观测地段附近分层测定土壤的土质、田间持水量、凋萎湿度和土壤容重等土壤水文、物理特性作为该站的参数。目前, 新疆、山东、甘肃、黑龙江等省区都对其各自省区的土壤水分常数分布特征进行过分析研究^[3-13], 而对四川地区自动土壤水分站土壤水文、物理特性的研究仍处于空白, 该研究在填补这一空白的同时, 也可以为今后自动土壤水分站建设中土壤水文、物理特性的测定提供一定的理论依据。只有测定了准确的土壤水文、物理特性, 才能获得较为可靠的自动土壤水分数据, 从而确保自动土壤水分资料在实际应用中发挥更大的价值。

1 资料与常数介绍

1.1 自动土壤水分站 为了保证资料的准确性, 从四川地区 190 个自动土壤水分站中选取 184 站, 具体分布如图 1 所示。将其最新的土壤水文、物理特性常数, 包括田间持水量、土壤容重、凋萎湿度和土壤质地作为分析研究对象。其余 6 站由于仪器、迁站等原因正处于对比观测期。自动土壤水分站的 8 个垂直观测层次依次为 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~60、70~80、90~100 cm。由于四川地区地质、地貌环境复杂多变, 部分地区土层较薄, 甚至不足 1 m, 因此有 55 站并未观测到 100 cm, 占所选研究对象的 29.9%, 而这其中又有 51 站只观测到 50 cm。

1.2 土壤水文、物理特性

1.2.1 田间持水量。 田间持水量是在地下水水位较低(毛管水不与地下水相连接)情况下, 土壤所能保持的毛管悬着水的最大量, 是植物有效水的上限。田间持水量是衡量土壤保

基金项目 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目(SCQXKJQN2019018); 四川省气象探测数据中心科学技术研究开发课题(川气探数课题 2018-3)。

作者简介 郭旭(1983—), 男, 辽宁葫芦岛人, 工程师, 硕士, 从事资料数据质量控制和评估分析研究。*通信作者, 高级工程师, 从事资料数据质量控制和评估分析研究。

收稿日期 2019-03-05

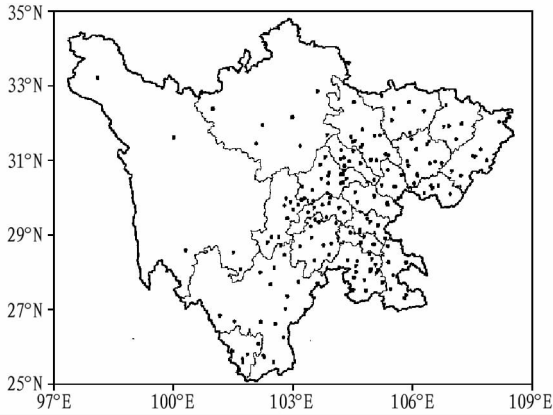
图1 四川省自动土壤水分站分布^[14]

Fig. 1 The distribution of automatic soil moisture stations in Sichuan Province

水性能的重要指标,也是进行农田灌溉的重要参数。田间持水量的测定多采用田间小区灌水法,当土壤排除重力水后,测定的土壤湿度即为田间持水量^[2]。对于自动土壤水分站,田间持水量主要用于计算土壤的相对湿度。

1.2.2 土壤容重。土壤容重是在没有遭到破坏的自然土壤结构条件下采取体积一定的土样称重,取样烘干,计算单位体积内的干土重,以 g/m^3 表示^[2]。土壤容重是计算土壤水分总贮存量、土壤有效水分贮存量 and 自动土壤水分站重量含水率的换算常数。

1.2.3 凋萎湿度。生长正常的植株仅由于土壤水分不足,致使植株失去膨压,开始稳定凋萎时的土壤湿度即为凋萎湿度。凋萎湿度的测定是采用栽培法,把指示作物(大麦、燕麦等)栽种到土表密封的玻璃容器中,当指示作物的所有叶片出现凋萎且空气湿度接近饱和,蒸腾最小的情况下仍不能恢复时,测定容器中的土壤湿度^[2]。凋萎湿度是植物有效水分的下限和计算田间有效水分贮存量的必需项。

2 土壤质地分类及四川地区分布情况

2.1 土壤质地分类 根据我国的土壤质地分类标准,土壤大致可以分为三大类,即砂土、壤土和黏土。结合《农业气象观测规范》和《自动土壤水分观测规范(试行)》,各大类土质的细化和自动土壤水分站代码如表1所示,自动土壤水分观测资料中的土壤质地参数项是用其代码表示的。

2.2 四川地区土壤质地分布 由于有51站只观测到50 cm,因此对于四川地区自动土壤水分站土壤质地的分布情况,只统计分析了0~50 cm的土壤质地。例如某站5层土质均为壤土类,则该地区即归为壤土,如果其中有任意1层为其他土质,则该地区归为混合类土质。四川省共有135个县(区)安装了自动土壤水分站(部分地区安装了2套),甘孜州和阿坝州有20个高原地区县因地质、地貌等原因没有建设自动土壤水分观测站。从图2的分布情况可以看出,四川地区壤土土质的县(区)最多,为59个,约占已建站县(区)的44%;其次是黏土土质,有41个县(区),占30%;混合土质有28个,约占21%;砂土土质在四川最少,有7个县(区),仅占5%。

表1 我国土壤质地分类及自动土壤水分站代码

Table 1 Soil texture classification and automatic soil moisture station code in China

分类 Classification	质地 Texture	代码 Code
砂土 Sand	粗砂土	0
	细砂土	1
	面砂土	2
黏土 Clay	砂黏土	7
	粉黏土	8
	壤黏土	9
	黏土	A
	壤土 Loam	粉砂土
	粉土	4
	粉壤土	5
	黏壤土	6
	砂壤土	B

注:砂壤土是《自动土壤水分观测规范》中新增加的土质类型,《农业气象观测规范》并没有其分类标准,根据其基本特征,暂将其归为壤土类

Note: Sandy loam is a new type of soil added in *Automatic Soil Moisture Observation Specification*, there is no classification standard in *Agrometeorological Observation Specification*, according to its basic characteristics, sandy loam is temporarily classified as loam

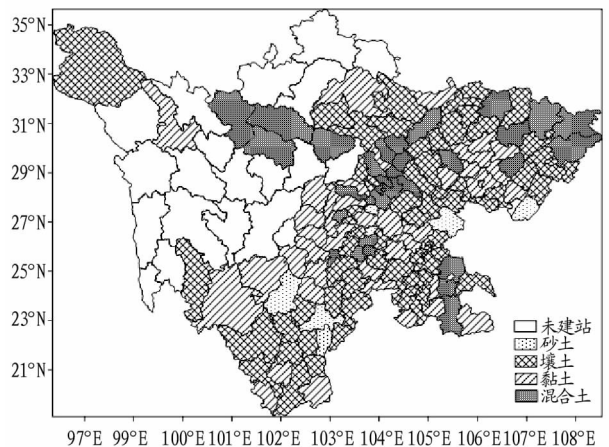


图2 四川省自动土壤水分站0~50 cm土壤质地分布

Fig. 2 The distribution of soil texture of automatic soil moisture stations from 0 cm to 50 cm in Sichuan Province

选取的184站自动土壤水分站中有129站观测到了100 cm,即垂直观测层次为8层;有1站观测到80 cm,即垂直观测层次为7层;有3站观测到60 cm,即垂直观测层次为6层;有51站观测到50 cm,即垂直观测层次为5层,总计1312层。这其中壤土层最多,为647层,占总层数的49%,壤土层中又以黏壤土层最多,为468层,约占总层数的36%;其次是黏土层,有568层,约占总层数的43%;砂土层最少,仅有97层,约占总层数的7%,具体如图3所示。

3 土壤水文、物理特性

3.1 田间持水量 所选184个自动土壤水分站所有层次田间持水量的分布为12.5%~36.7%。其中,砂土田间持水量的分布为12.5%~33.2%;壤土田间持水量的分布为14.2%~36.1%;黏土田间持水量的分布为17.0%~36.7%。如表2所示,砂土的田间持水量相对最小,黏土的田间持水

量则相对较大,各类土质上层的田间持水量也要略大于下层。此外,在统计分析过程中发现,凉山州有1站5层砂土的田间持水量均超过38%,明显大于同为砂土类的其他站点,甚至超过了黏土类站点的田间持水量,数据可靠性存在疑问,因此并未统计在内。

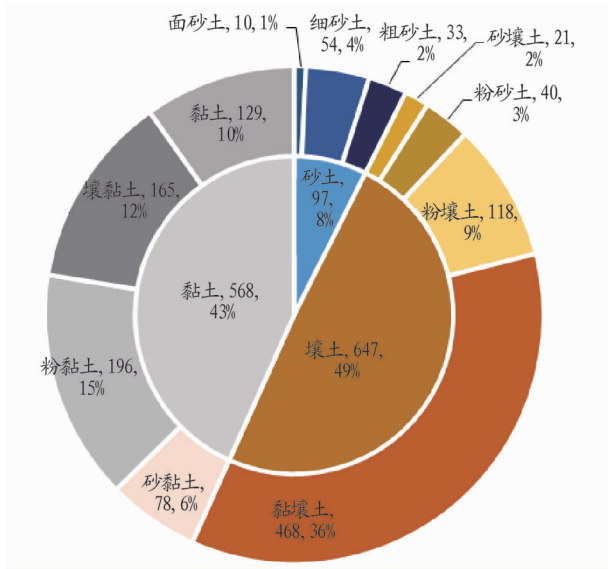


图3 自动土壤水分站各类土质层数

Fig.3 The layer number of different soil texture of automatic soil moisture stations

表2 各类土壤质地不同层次的田间持水量

Table 2 The field capacity of different soil texture on different layers %

土层 Soil layer//cm	砂土 Sand	壤土 Clay	黏土 Loam
0~10	14.3~25.1	18.5~33.7	19.9~34.1
10~20	16.6~31.9	18.5~36.1	19.5~36.7
20~30	14.6~32.1	18.6~34.3	17.6~32.3
30~40	13.6~33.2	17.6~33.3	17.0~30.8
40~50	12.7~31.7	16.3~34.2	17.1~31.3
50~60	12.5~29.4	17.5~35.3	17.2~29.7
70~80	14.4~31.0	16.4~36.0	17.2~31.0
90~100	14.0~27.9	14.2~35.0	18.8~33.6

3.2 土壤容重 从分析结果看,四川地区自动土壤水分站所有土层土壤容重的分布为 $1.00\sim 2.13\text{ g/cm}^3$,其中,砂土的土壤容重分布为 $1.00\sim 1.87\text{ g/cm}^3$;壤土的土壤容重分布为 $1.07\sim 2.01\text{ g/cm}^3$;黏土的土壤容重分布为 $1.13\sim 2.13\text{ g/cm}^3$ 。与田间持水量的分布一样,砂土的土壤容重较小,而黏土的土壤容重则较大,各类土质上层的土壤容重则略小于下层(表3)。研究发现,各类土壤水文、物理特性中,各站各层土壤容重的测定最稳定适中,偏差最小,离群参数最少。

3.3 凋萎湿度 由于凋萎湿度的测定较为苛刻复杂,很多台站都不具备测定条件,这就造成了凋萎湿度的测定偏差较大,因此在分析统计过程中,剔除了部分严重离群的可疑参数。从表4可以看出,四川地区自动土壤水分站的凋萎湿度分布为 $3.1\%\sim 16.9\%$,其中,砂土凋萎湿度分布为 $3.1\%\sim$

14.0% ;壤土凋萎湿度分布为 $3.5\%\sim 15.5\%$;黏土凋萎湿度分布为 $3.3\%\sim 16.9\%$,砂土的凋萎湿度相对小些,而黏土的凋萎湿度相对大些。

表3 各类土壤质地不同层次的土壤容重

Table 3 The soil bulk density of different soil texture on different layers g/cm^3

土层 Soil layer//cm	砂土 Sand	壤土 Clay	黏土 Loam
0~10	1.03~1.52	1.08~1.80	1.14~1.80
10~20	1.06~1.61	1.09~1.86	1.13~1.92
20~30	1.13~1.87	1.10~1.98	1.16~1.97
30~40	1.00~1.83	1.09~1.98	1.15~2.13
40~50	1.31~1.83	1.07~2.00	1.31~2.13
50~60	1.39~1.77	1.17~2.01	1.32~2.04
70~80	1.42~1.79	1.20~2.00	1.26~2.09
90~100	1.39~1.79	1.20~2.01	1.34~2.11

表4 各类土壤质地不同层次的凋萎湿度

Table 4 The fade humidity of different soil texture on different layers %

土层 Soil layer//cm	砂土 Sand	壤土 Clay	黏土 Loam
0~10	3.3~12.2	3.8~14.7	3.5~15.7
10~20	3.7~12.2	3.6~12.1	3.6~15.6
20~30	3.1~12.1	3.5~15.3	3.3~13.1
30~40	3.4~12.6	3.6~15.5	3.3~14.0
40~50	3.5~12.9	3.6~14.3	3.4~16.1
50~60	3.1~10.1	3.5~14.2	3.5~16.7
70~80	3.9~13.8	3.9~15.1	3.7~16.9
90~100	3.4~14.0	4.0~15.0	3.7~16.7

4 结论

(1)四川地区土壤质地以壤土类为主,约有44%的县(区)为壤土类土质,其次是黏土类,约占30%,砂土类地区最少,仅占5%。垂直层面,壤土层最多,为647层,约占总层数的49%,砂土层最少,仅有97层,约占总层数的7%。

(2)经统计分析,所有184个自动土壤水分站田间持水量的分布为 $12.5\%\sim 36.7\%$;土壤容重的分布为 $1.00\sim 2.13\text{ g/cm}^3$;凋萎湿度的分布为 $3.1\%\sim 16.9\%$ 。

(3)研究发现,部分站点测定的土壤水文、物理特性存在疑问,特别是凋萎湿度的测定存在较大偏差,在以后重新测定土壤水文、物理特性时应特别注意。

参考文献

- [1] 中国气象局. 自动土壤水分观测规范[S]. 北京:中国气象局,2011.
- [2] 中国气象局. 农业气象观测规范[S]. 北京:气象出版社,1993.
- [3] 陈永川,刘静,托乎提,等. 新疆作物观测地段土壤农业水分常数的分布[J]. 安徽农业科学,2008,36(32):14210,14321.
- [4] 成兆金,李斌. 山东省土壤水分自动站土壤水分常数评估[J]. 湖北农业科学,2017,56(18):3468-3471,3483.
- [5] 陈晓梅,孙敏,郑丽娟,等. 内蒙古地区土壤水文常数范围分析[J]. 内蒙古科技与经济,2011(10):86-87,94.
- [6] 邹文安,姜波,顾李华. 土壤水分常数的测定[J]. 水文,2015,35(4):62-66.
- [7] 白晓英. 土壤水文物理常数测定应注意的几个问题[J]. 陕西气象,2016(5):26-28.

(下转第33页)

油 1 号(A₁)的菌核病发病株率以及病害指数分别为 15.26、4.06,低于中双 11 号的 16.25、4.56,且差异具有显著性。在

庆油 1 号在 9 月 20 日—10 月 20 日 4 个不同的播期下,均表现出较强的抗倒伏性。

表 6 不同处理对庆油 1 号品质和抗性的影响

Table 6 Effects of different treatments on quality and resistance of Qingyou 1

处理编号 Treatment code	含油量 Oil content %	芥酸 Erucic acid %	硫甙 Glucosinolate μmol/g	菌核病发病株率 Rate of sclerotinia %	菌核病病害指数 Disease index of sclerotinia//%	抗倒伏 Lodging resistance
A ₁	42.52	0.1	22.15	15.26	4.06	强
A ₂	41.21	0.1	21.25	14.26	3.78	强
A ₃	42.11	0.2	23.56	15.36	4.95	强
A ₄	39.25	0.1	23.10	17.16	5.12	强
A ₅ (CK)	42.21	0.2	22.13	16.25	4.56	强

3 结论与讨论

在同一播期下,庆油 1 号在冬前苗期表现上优于中双 11 号,并在苗高、根颈粗上表现出显著优势;生育进程中双 11 号有明显的提前,在产量性状上显著高于中双 11 号。菌核病发病株率以及病害指数显著优于中双 11 号,且抗倒伏能力强。综上所述,庆油 1 号具有优良的早熟性,同时具有高产、抗病、抗倒伏特性,可以有效地缓解稻油轮作中茬口矛盾,适合在重庆大面积推广。

该研究结果表明,在设置的 4 个播期中,最早播期 9 月 20 日处理的冬至苗情和产量性状均表现最佳水平。原因可能在于播期越早,冬前植株营养生长越旺盛,生育进程越快,对于冬季低温的抵抗力越优良;反之,播期越晚,冬前营养生长越差,冬季出现冻害、死苗机率越大,对于后期的产量增长产生限制。在该试验中,播期 10 月 20 日处理较晚,冬至苗情及产量均表现较差。

全生育期与播期—冬至时长呈显著正相关,系数为 0.891,这表明播期越早,全生育期时间越长,后期生长进程加快。这一现象与潘俊等^[11]研究结果相同。这可能是因为播期越早,冬前的营养生长越旺盛,为生殖生长阶段提供了更多的营养物质,从而整个生育阶段所需时间更多。

该研究结果还显示,播期—冬至与冬至—成熟期时长之间呈显著负相关,系数为-0.74。这表明该研究所设置的播

期越早,年后成熟期来临的时间相对较早。这一规律的出现说明了早播可使生育期变长、产量增加,但并没有影响到对于早熟性的促进。因此,在稻油轮作中,适时早播庆油 1 号是协调其产量以及早熟性的有效手段。

参考文献

- [1] 曹国良. 不同栽培模式对稻油轮作体系生产力和氮素利用的影响[D]. 北京:中国农业大学,2006:102-105.
- [2] 黄虎兰. 中国油菜免耕直播栽培现状、问题及对策分析[J]. 湖南农业科学,2007(4):158-160.
- [3] 黄华磊,石有明,谷名禹,等. 稻油轮作制中栽培方式对油菜产量和经济效益的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(12):229-233.
- [4] 唐晓华,易靖,王虹. 重庆油菜产业发展潜力和对策探讨[J]. 南方农业,2017,11(1):18-20.
- [5] 黄华磊,周燕,李焕梅,等. 气候变化对重庆油菜生产的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(9):105-111.
- [6] 叶海龙,何利德,吴海镇. 油菜生育期气象条件分析[J]. 江西农业学报,2008,20(11):97-98.
- [7] 张永和. 略论重庆气候特点及其成因[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版),1987(00):76-82.
- [8] 重庆市农业技术推广总站综合信息科. 重庆 2017 年 12 月稻田蓄水总体较好,冬闲田资源利用率提高[EB/OL]. (2018-01-04) [2018-10-25]. <http://www.cqagri.gov.cn/Details.aspx?topicId=706969>.
- [9] 黄桃翠,杨勋毅. 油菜庆油 1 号的选育与栽培技术[J]. 浙江农业科学,2016,57(6):832-833.
- [10] 高立均,黄桃翠. 油菜新品种庆油 1 号大面积示范增产增效显著[J]. 植物医生,2016(5):18.
- [11] 潘俊,潘海云,邹建祥. 播种期对直播油菜高产栽培技术研究[J]. 上海农业科技,2007(2):55-56.

(上接第 6 页)

- [8] 南瑞,张志国,孙守军. 黑龙江省土壤物理常数测定结果分析[J]. 黑龙江气象,2003(3):29-31.
- [9] 普宗朝,沙拉买提,董海虎,等. 新疆主要土壤物理性状空间分布及其气候影响分析[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2009,27(6):682-686.
- [10] 毛云玲,王鹏云,曾艳,等. 昆明市土壤水分常数特征分析[J]. 西部林业科学,2011,40(2):64-68.

- [11] 蒲金涌,冯建英,姚晓红,等. 甘肃黄土高原土壤农业水分常数分布特征[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(3):205-209.
- [12] 单新兰,张吉周,李新庆,等. 自动土壤水分站资料质量控制及其相关关系分析[J]. 安徽农业科学,2015,43(3):236-237,243.
- [13] 陈东东,廖捷,陈功,等. 四川盆地土壤湿度时空分布及影响因子分析[J]. 高原山地气象研究,2016,36(4):36-41.
- [14] 郭旭,龙柯吉,赵旋,等. 四川地区自动土壤水分站数据质量控制方法研究[J]. 高原山地气象研究,2017,37(2):90-95.