

新型液体保水剂对冬小麦生长及产量的影响

于乐¹, 郅志红^{1*}, 吴鑫淼¹, 冉彦立¹, 崔希东²

(1. 河北农业大学 城乡建设学院, 河北 保定 071001;

2. 河北省衡水水文水资源勘测局, 河北 衡水 053000)

摘要:【目的】阐明新型液体保水剂对冬小麦生长及产量的影响。【方法】采用大田完全随机试验设计方法, 设置添加固体保水剂(K1)和新型液体保水剂(K2)处理, 以不施用保水剂(CK)为对照, 研究了不同用量保水剂(C1: 30 kg/hm²、C2: 60 kg/hm²、C3: 90 kg/hm²)对冬小麦株高、叶面积指数及产量的影响。【结果】①保水剂不但提高了各生育期的土壤含水率, 还促进了冬小麦的生长, 拔节期K2处理冬小麦株高均值分别比CK和K1处理高13.6%和2.6%。②冬小麦生育期前195 d, K1C1和K1C2处理叶面积指数显著高于K1C3处理, K2处理叶面积指数随施用量的增加而增加; 200 d后, K2C1和K2C2处理叶面积指数显著高于其他处理。③K2处理成穗数分别比CK和K1处理高8.7%和14.6%, K2处理产量均值为11 973.2 kg/hm², 分别比CK和K1处理高22.3%和13.6%, 并且当K2处理施用量为60 kg/hm²时, 产量达到最大值12 818.2 kg/hm²。【结论】K2处理对冬小麦生长和增产的效果明显, 且用量为60 kg/hm²时效果最佳。

关键词: 新型保水剂; 冬小麦; 株高; 叶面积指数; 产量

中图分类号: S512.11

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2017.0460

于乐, 郅志红, 吴鑫淼, 等. 新型液体保水剂对冬小麦生长及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(7): 1-5.

0 引言

保水剂的研制起源于20世纪中期, 美国研制的保水剂在玉米、大豆等作物应用后, 引起各方面关注^[1-2]。高分子保水剂(super absorbent polymer, SAP)是具有吸水 and 保水能力的一类高分子聚合物, 一般可吸收自身400~600倍甚至更高倍数的纯水, 其所吸水分可缓慢释放供植物利用。保水剂吸水后能增强土壤保水性, 改良土壤结构, 影响土壤理化性质和作物根系生长发育^[3-6]。由于保水剂有施用量少、见效快、应用范围广等特点, 因此在农业生产、水土保持和环境治理等方面得到广泛应用, 发展前景广阔^[7]。研究^[8-13]表明, 保水剂可提高作物产量, 在小麦各生育期不同保水剂用量对干物质、株高的影响差异显著。国内外关于保水剂的研究中多使用的是固体保水剂, 是一种颗粒、粉末状的高分子保水材料, 主要研究其对一些经济作物、土壤理化性质、土壤水分等的影响, 但固体保水剂使用时费时费力。液体保水剂作为一种新型保水剂, 相关研究比较少, 它可以机械喷施, 省时省力, 可均匀地分布于土壤之中。试验所用固体保水剂为当地农用较为普遍的一种保水剂; 所用液体保水剂为一种仿生型新型液体保水剂, 是一种红褐色黏稠状浓缩液, 易溶于水, 其主要成分为柠檬酸等纯生物有机制剂以及新型的螯合微量元素水溶性营养剂。柠檬酸及有机活性物质, 可调节土壤环境的pH值呈微酸性, 有助于形成有益微生物活动的土壤环境, 形成良好的土壤团粒结构, 起到保水作用, 促进作物生长, 并且可完全生物降解, 对土壤无污染、无残留, 对人、畜、植物安全无毒。为此, 研究不同施用量新型液体保水剂和固体保水剂对冬小麦植株生长及产量的影响, 为保水剂的研究和合理应用提供一定的科学依据。

收稿日期: 2017-08-01

基金项目: 河北省自然科学基金项目(E2017204125); 河北省科技计划重点项目(17227005D)

作者简介: 于乐(1992-), 男, 河北石家庄人。硕士研究生, 主要从事节水灌溉理论与新技术研究。E-mail: 595101334@qq.com

通信作者: 郅志红(1969-), 男, 河北保定人。教授, 博士生导师, 主要从事节水灌溉及工程结构优化方面的研究。E-mail: qiezhihong@163.com

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在河北省衡水市新丰田园牧场(37°36'N,115°32'E,海拔18.84 m)进行。试验地位于河北省中部,属大陆温暖半干旱型季风气候。年平均气温12.2℃,极端最高气温40.7℃,极端最低气温-26.7℃,无霜期203 d。年平均日照时间2 578 h,年太阳辐射量5 358 MJ/m²,平均降水量为642 mm。气候特点是四季分明,冷暖干湿差异较大。夏季受太平洋副高边缘的偏南气流影响,潮湿闷热,降水集中,冬季受西北季风影响,气候干冷,雨雪稀少,春季干旱少雨多风增温快,秋季多秋高气爽天气,有时有连阴雨天气发生。试验地块东西长33 m,南北宽16 m。土壤物理性质经百特激光粒度分析系统Ver 7.21测定,土壤类型主要为砂质壤土,土壤物理和水力特性见表1。

表1 供试土壤物理和水力特性参数

土层深度/cm	体积质量/ (g·cm ⁻³)	田间持水率/ (cm ³ ·cm ⁻³)	饱和含水率/ (cm ³ ·cm ⁻³)	土壤颗粒级配			土壤质地
				砂粒量/% (0.05~2.0 mm)	粉粒量/% (0.002~0.05 mm)	黏粒量/% (≤0.002 mm)	
0~20	1.49	0.31	0.44	44.17	53.86	1.97	粉砂质壤土
20~40	1.50	0.35	0.48	55.23	44.60	0.17	砂质壤土
40~60	1.50	0.35	0.49	64.30	35.60	0.10	砂质壤土
60~80	1.46	0.32	0.44	55.73	44.15	0.12	砂质壤土

1.2 试验设计

试验设置保水剂种类(K)和保水剂施用量(C)2个试验因素。种类为K1(固体保水剂)、K2(新型液体保水剂);施用量设置:低(C1:30 kg/hm²)、中(C2:60 kg/hm²)、高(C3:90 kg/hm²)3个水平,以不施用保水剂为对照(CK)。试验共7个处理,每个处理3次重复,总共21个试验小区,每个小区面积3 m×8 m(24 m²),各处理在田间采取完全随机区组设计。播种前用90 kg/hm²三元复合肥(18-22-5,ω(N+P₂O₅+K₂O)≥45%)做底肥,在小区内均匀撒施,固体保水剂与土混合后,开沟盖土,沟深10~15 cm;将液体保水剂原液兑水稀释后用喷雾器具均匀喷施于种植土壤上。冬小麦于2016年10月16日播种,收获期为2017年6月9日。试验期间灌水、施肥等管理与试验地保持一致。

1.3 试验测量及计算

1)冬小麦植株生长指标观测:在冬小麦全生育期,用卷尺测量株高,每个试验处理在植株生长均匀一致、密度适当处,挑选30株进行测量;各处理分别于拔节期、孕穗期、灌浆期、成熟期测定冬小麦群体叶面积,剪下冬小麦所有叶片,测量其长、宽,计算叶面积,再折算成单位平均值, $LAI=单位土地面积总绿叶面积/单位土地面积$ 。

2)冬小麦产量统计:在冬小麦收获期,每个处理调查30×80 cm的总穗数,折算成每公顷穗数;选取代表行不间断数取30个单茎,调查每穗粒数,数取千粒计质量。产量计算公式^[14]为:

$$Y=成穗数\times穗粒数\times千粒质量\times测产系数, \tag{1}$$

式中:Y表示冬小麦产量;小麦测产系数为0.85(该值是根据当地冬小麦实际单位产量与CK单位产量相比所得,并根据农业部办公厅发布的《全国粮食高产创建测产验收办法》进行考证得到)。

2 结果与分析

2.1 保水剂对冬小麦株高的影响

表2给出了冬小麦不同生育阶段各处理株高均值和方差分析结果。由表2可知,出苗期、分蘖期、起身期和拔节期,K1处理株高均值分别为13.4、18.9、25.1和42.3 cm,分别比CK高7.2%、8.6%、6.4%和10.7%;K2处理株高均值分别为13.7、18.9、25.0和43.4 cm,分别比CK高9.6%、8.6%、6.0%和13.6%。冬小麦营养生长阶段,与CK相比,施用保水剂对冬小麦株高生长有显著促进作用。拔节期,株高增长幅度较大,拔节期K1和K2处理株高均值分别比CK高10.7%和13.6%,K2处理比K1处理高2.6%;孕穗期K1和K2处理均值分别比CK高0.25%和2.5%。保水剂各施用量处理株高表现为:在拔节期,C3处理>C1处理>C2处理>CK;在孕穗期,C1处理>C2处理>C3处理>CK,说明不同生育阶段保水剂各施用量对株高影响差异较大。在生殖生长阶段,保水剂效果不显著,尤其是从孕穗期开始株高增长速度急剧下降,至灌浆期基本停止增长,所有试验处理冬小麦株高长势基本一致,各处理之间无显著差异。

表2 各处理株高均值和方差分析结果

处理	K1C1	K1C2	K1C3	K2C1	K2C2	K2C3	CK	方差分析(P值)		
								K	C	K×C
出苗期	13.60	13.40	13.20	13.60	13.80	13.70	12.50	0.001*	0.011*	0.003*
分蘖期	18.80	19.10	18.70	19.00	18.80	18.80	17.40	0*	0.001*	0*
起身期	25.40	25.00	24.90	25.00	24.90	25.10	23.60	0.002*	0.009*	0*
拔节期	42.20	42.50	42.20	43.50	43.30	43.50	38.20	0*	0.001*	0.013*
孕穗期	84.30	81.70	79.50	82.60	84.70	83.60	81.60	0.028*	0.556	0.068
灌浆期	92.90	94.20	93.80	90.30	91.80	92.60	92.50	0.057	0.594	0.373
成熟期	91.60	91.00	91.80	92.00	91.20	91.40	90.90	0.172	0.046*	0.234

注 *表示各处理在 $\alpha=0.05$ 水平下差异性显著。

2.2 保水剂对冬小麦叶面积指数的影响

叶片是作物进行光合作用、蒸腾作用和有机物质合成的主要器官,叶面积指数(LAI)是反映植物群体生长状况的一个重要指标,其大小直接与最终产量密切相关^[5]。由表3可知,各处理LAI变化趋势一致,均是先增后减,施用保水剂各处理叶面积指数均高于CK,说明施用保水剂对冬小麦叶片生长有促进作用。各施用量处理叶面积指数在生育期160 d前差异不显著($P<0.05$),说明此时冬小麦叶面积指数受保水剂影响较小;160~190 d,叶面积指数迅速增长,K1处理不同施用量表现为:C2处理>C1处理>C3处理;K2处理不同施用量表现为:C2处理>C3处理>C1处理;195 d时达到最大值,且K2处理>K1处理>CK,此阶段叶面积指数因保水剂处理不同而差异显著($P<0.05$),其中,叶面积指数最大为8.48,最小为7.34,差幅达到15.5%;195 d前,K1C1和K1C2处理叶面积指数显著($P<0.05$)高于K1C3处理,而K2处理叶面积指数随施用量的增加而增加;200 d后,由于植株底部叶片干黄衰落,各保水剂处理叶面积指数逐渐减小,K2C1和K2C2处理叶面积指数显著($P<0.05$)高于其他处理。说明保水剂对冬小麦叶片生长有促进作用,且施用量为60 kg/hm²时效果较好。

表3 各处理叶面积指数

处理	140 d	151 d	164 d	180 d	194 d	209 d	221 d	237 d
K1C1	2.01ab	2.94ab	4.78a	7.45ab	8.43a	6.21a	4.77ab	2.62ab
K1C2	2.75a	3.61a	4.51ab	7.36ab	8.40a	5.97a	3.39ab	2.63ab
K1C3	2.08ab	2.71b	3.74bc	7.04abc	8.03a	5.06ab	3.97ab	3.09ab
K2C1	1.53b	2.64b	3.74bc	6.55bc	7.34a	5.22ab	4.95ab	3.88a
K2C2	1.93b	2.90ab	4.81a	7.72a	8.46a	5.47ab	5.16a	3.53ab
K2C3	1.33b	2.73b	4.40ab	7.52ab	8.48a	5.86a	4.32ab	2.95ab
CK	1.71b	3.09ab	3.33c	5.92c	7.89a	3.64b	2.73b	2.18b

2.3 保水剂对冬小麦产量的影响

由表4可知,保水剂各处理穗长和穗粒数均值为8.4 cm和32.9个,分别比CK高9.1%和8.2%。K1C2处理千粒质量分别比K1C1和K1C3处理高2%和4.2%,K2C3处理分别比K2C1和K2C2处理高1%和3.9%。K1处理穗数偏低,比CK低5.4%;K2处理穗数明显高于CK,比CK高8.7%,比K1处理高14.6%,其中,K2C2处理穗数表现最好,比CK高20.8%。大田施用保水剂可有效提升冬小麦产量,其中K2处理表现较为突出,K2处理产量均值为11 973.2 kg/hm²,比CK和K1处理分别高22.3%和13.6%;方差分析表明,施用保水剂各处理之间穗长和穗粒数没有显著差异,但施用保水剂各处理穗长与CK相比差异显著;保水剂各处理之间千粒质量差异显著;不同保水剂处理对冬小麦穗数和产量作用差异较大,K2C2处理可显著提高冬小麦穗数和产量,其他保水剂处理与CK无显著差异。

表4 各处理产量统计和方差分析结果

处理	穗长/cm	穗数/(10 ⁵ ·hm ⁻²)	穗粒数/个	千粒质量/g	产量/(kg·hm ⁻²)
K1C1	8.5a	97.8bc	32.5a	39.3a	10 591.6bc
K1C2	8.5a	96.5bc	32.6a	40.1a	10 721.2abc
K1C3	8.4a	93.9c	33.5a	38.5a	10 306.0bc
K2C1	8.3a	111.6b	32.6a	39.3a	12 178.8ab
K2C2	8.3a	122.4a	32.4a	38.2a	12 818.2a
K2C3	8.3a	96.4bc	33.7a	39.7a	10 922.6abc
CK	7.7b	101.3bc	30.4a	37.5a	9 787.4c

注 同列数据后有相同的字母,表示在 $P<0.05$ 水平上差异不显著。

2.4 保水剂对土壤质量含水率的影响

冬小麦生育期各处理土壤水分变化见图1。由图1可知,保水剂能有效提高土壤水分,施用保水剂各处

理均高于CK, K1C3处理土壤质量含水率最大, K1C2和K1C1处理无显著差异, K2C3和K2C2处理均显著 ($P<0.05$) 高于K2C1处理。孕穗期, 冬小麦各土层土壤水分有所下降, 其中K1C1和K2C3处理土壤质量含水率最高, 其他施用量土壤质量含水率差异不大, CK最低。灌浆期, 各处理土壤水分较孕穗期继续降低, 除K1C2处理外, 其他处理均小于15%, K1C3处理与CK土壤质量含水率相当, 说明保水剂用量适中能提高土壤质量含水率更有利。灌浆一成熟期作物对水分需求较大, 各处理质量含水率继续减小, 保水剂各处理质量含水率在8%左右, 均高于CK。表明经过1个生育期后, 保水剂仍有一定保水作用。

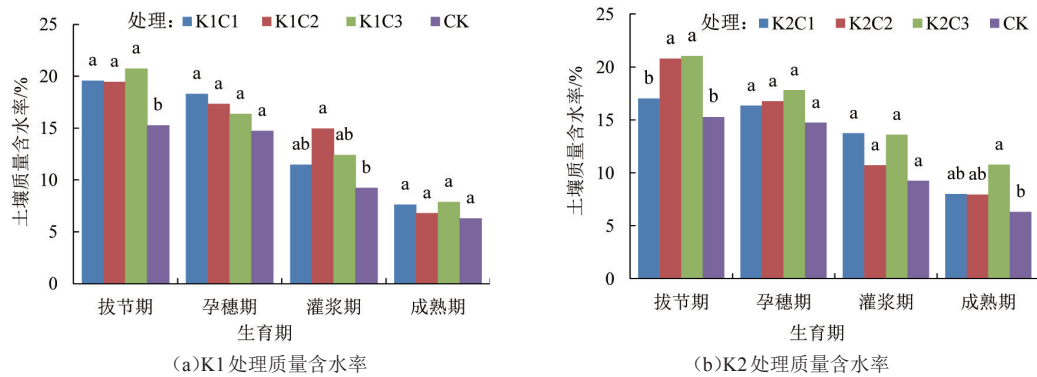


图1 各处理不同生育期水分变化

3 讨论

在相同土壤条件下, 施用适量保水剂可促进作物生长, 并且对作物有普遍的增产效果^[16]。研究表明, 在相同灌水、施肥下, 施用保水剂处理冬小麦产量较高于CK。施用保水剂可以增加冬小麦穗长和穗粒数, 提高千粒质量, 从而提高冬小麦产量, 且在相同灌水条件下施用保水剂可增产8.42%~19.86%^[17]。研究表明, 不同生育期内, 保水剂用量适中时对冬小麦株高增加最为有利; 施用保水剂对冬小麦叶面积指数的提高具有显著的促进作用, 尤其是拔节期和灌浆期, 但在孕穗期, 保水剂用量过高, 叶面积指数增加幅度有所降低^[18]。这与本研究结果不一致, 在孕穗期, 叶面积指数增幅基本一致, 在灌浆期, 因保水剂用量过大而导致叶面积指数降低幅度增大, 可能是由于种植地域气候、冬小麦品种、种植土壤以及保水剂施用方法的不同等差异所造成的。保水剂用量过大, 影响作物根系生长, 降低根系的生理机能, 从而影响地上部养分的供应与生长^[19]。本研究中随着冬小麦生育期的推进, 保水剂各处理株高均较高于CK, 在生育后期所有试验处理冬小麦株高长势基本一致, 保水剂作用效果不显著; 冬小麦整个生育期中, 60 kg/hm²处理的叶面积指数均大于其他处理, 而保水剂用量过大(90 kg/hm²)时, 冬小麦叶面积指数较低。说明保水剂的施用改善了作物地上部生长, 促进了小麦生殖生长。

关于保水剂的研究主要集中于固体保水剂, 而针对液体保水剂方面的研究报道较少。由本试验研究可知液体保水剂对冬小麦株高和叶面积指数的增长有促进作用, 而且对冬小麦产量也达到了普遍增产水平, 与固体保水剂相比, 液体保水剂的液态特性使其方便大规模使用, 可以随水一起喷施, 这样更易于机械化、简洁方便、省时省力, 同时还可与喷灌、滴管等节水技术结合使用, 达到更好的节水效果。随着液体保水剂应用的进一步发展, 其保水的作用机制需要进一步探索; 液体保水剂在不同水分条件下, 与肥料耦合作用对冬小麦产量的影响; 在不同土壤质地下液体保水剂对土壤理化特性及冬小麦产量的影响以及液体保水剂的作用效果随时间的变化规律, 如何增加其稳定性, 延长其作用时间是下一步需研究的内容。

4 结论

1) 冬小麦营养生长阶段, 保水剂对冬小麦株高生长有促进作用, 拔节期K2处理株高均值分别比CK和K1处理高13.6%和2.6%; 生殖生长阶段, 保水剂效果不显著。在195 d前, K1C1和K1C2处理叶面积指数显著高于K1C3处理, K2处理叶面积指数随施用量的增加而增加; 200 d后, K2C1和K2C2处理叶面积指数显著高于其他处理, 说明保水剂对冬小麦叶片生长有促进作用, 施用量为60 kg/hm²时效果较好。

2) 保水剂各处理穗长和穗粒数均值分别比CK高9.1%和8.2%, 保水剂各处理之间穗长和穗粒数没有显著差异。K1C2处理千粒质量分别比K1C1和K1C3处理高2%和4.2%, K2C3处理分别比K2C1和K2C2处理高1%和3.9%。K2处理成穗数分别比CK和K1处理高8.7%和14.6%。保水剂各处理可有效提高冬小麦产

量,其中K2处理表现较为突出,K2处理产量均值为11 973.2 kg/hm²,分别比CK和K1处理高22.3%和13.6%。从提高成穗数和增产分析,液体保水剂效果较为明显,且用量为60 kg/hm²时效果较佳。

3)保水剂提高了土壤质量含水率,在作物利用一部分土壤水分后,仍保持较高的土壤质量含水率以供下一生育期作物使用,有利于作物整个生育期的生长和发育,最终促进作物生长和产量的提高。

参考文献:

- [1] SOJKA R E, ENTRY J A, FUHRMANN J J. The influence of high application rates of polyacrylamide on microbial metabolic potential in an agricultural soil[J]. *Applied Soil Ecology*, 2006, 32(2):243-252.
- [2] VARENNES D A, TORRES M O. Soil remediation with insoluble polyacrylate polymers: an overview[J]. *Revista De Ciencias Agrarias*, 2000, 23(2):13-22.
- [3] 李希,刘玉荣,郑袁明,等.保水剂性能及其农用安全性评价研究进展[J]. *环境科学*, 2014, 35(1):394-400.
- [4] 马鑫,魏占民,于健,等.保水剂对土壤特性长效影响的研究[J]. *灌溉排水学报*, 2013, 32(3):117-120.
- [5] 程志强,马琦,康立娟,等.一种新型保水剂的制备及对肥料吸附性能研究[J]. *灌溉排水学报*, 2012, 31(4):136-138.
- [6] 程志强,杨鸿嘉,康立娟,等.木耳菌糠基农用复合保水剂制备与吸水保水性能研究[J]. *灌溉排水学报*, 2016, 35(1):83-88.
- [7] 黄占斌,孙朋成,钟建,等.高分子保水剂在土壤水肥保持和污染治理中的应用进展[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(1):125-131.
- [8] 杨永辉,吴普特,武继承,等.保水剂对冬小麦不同生育阶段土壤水分及利用的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(12):19-26.
- [9] 程闯胜,任树梅,杨培岭,等.保水剂对大田雨养玉米水肥利用效率影响的试验研究[J]. *灌溉排水学报*, 2014, 33(6):141-144.
- [10] 杨永辉,武继承,李宗军,等.保水剂用量对冬小麦生长及水肥利用的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(3):127-132.
- [11] 刘兵,杜贞栋,黄静,等.冬小麦联合施用旱地龙和保水剂试验研究[J]. *节水灌溉*, 2011(5):14-16.
- [12] 吴传发,文倩,韩燕来,等.保水剂与秸秆深施对砂质潮土水肥状况及小麦产量的影响[J]. *土壤通报*, 2017, 48(3):692-700.
- [13] 黄占斌,张国栋,李秧秧,等.保水剂特性测定及其在农业中的应用[J]. *农业工程学报*, 2002, 18(1):22-26.
- [14] 赵久然,王积军.全国玉米高产创建配套栽培技术规程[M].北京:中国农业出版社,2008.
- [15] 李向岭,赵明,李从锋,等.玉米叶面积系数动态特征及其积温模型的建立[J]. *作物学报*, 2011, 37(2):321-330.
- [16] 庄文化,冯浩,吴普特.高分子保水剂农业应用研究进展[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(6):265-270.
- [17] 武继承,郑惠玲,史福刚,等.不同水分条件下保水剂对小麦产量和水分利用的影响[J]. *华北农学报*, 2007, 22(5):40-42.
- [18] 杨永辉,武继承,李宗军,等.保水剂用量对冬小麦生长及水肥利用的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(3):127-132, 149.
- [19] 田娜,张蕾,江海东.保水剂对垂盆草建植和生理代谢的影响[J]. *草业科学*, 2009, 26(2):120-123.

Efficacy of a Liquid Water-retaining Enhancer in Improving Growth and Yield of Winter Wheat

YU Le¹, QIE Zhihong^{1*}, WU Xinmiao¹, RAN Yanli¹, CUI Xidong²

(1. Institute of Urban and Rural Construction, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Hengshui Bureau for Hydrology and Water Resources Survey of Hebei Province, Hengshui 053000, China)

Abstract: 【Objective】 Drought is a common abiotic stress impacting agricultural production. Amending soil with water-retaining enhancers is a way to improve soil moisture and ameliorate water stress. 【Method】 A randomized experiment was conducted aiming to investigate the efficacy of amending soil with a liquid water-retaining enhancer (K2) to improve growth and yield of winter wheat in comparison with amendment with a solid water-retaining enhancer (K1) and no amendment (CK). The enhancers were applied at 30 kg/km² (C1), 60 kg/km² (C2) and 90 kg/km² (C3) respectively. During the experiment, we measured the plant height, leaf-area index and yield of the winter wheat. 【Result】 ① Amending the soil with the liquid water-retaining enhancer increased soil moisture, and thus the plant growth, by 13.6% and 2.6% respectively compared to CK and K1. ② After 195 days, the leaf area index under K2+C1 and K2+C2 was significantly higher than those under K1+C3. In the two K2 treatments, the leaf area index increased with the chemical application and after 200 days, it was significantly higher than those under other treatments. ③ Compared with CK and K1, K2 increased the plant panicles by 8.7% and 14.6% respectively, and had an average yield of 11 973.2 kg/hm², increasing by 22.3% and 13.6% respectively. The highest yield was 12 818.2 kg/hm², achieved in K2+C3. 【Conclusion】 Amending soil with the liquid water-retaining enhancer noticeably improved the growth and yield of the winter wheat, and the optimal application rate in our experiments was 60 kg/hm².

Key words: water-retaining enhancer; winter wheat; plant height; leaf area index; yield

责任编辑:白芳芳