

保水剂用量对冬小麦生长及水肥利用的影响

杨永辉^{1,2}, 武继承^{1,2*}, 李宗军³, 李学军³, 何方^{1,2}, 侯占领⁴, 杨先明⁵

(1. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002;

2. 农业部作物高效用水原科学观测站, 河南 原阳 453514; 3. 通许县农业科学研究所, 河南 通许 475600;

4. 许昌市农业技术推广站, 河南 许昌 461000; 5. 郑州锦荣生物科技有限公司, 河南 郑州 450002)

摘要: 为探明保水剂施用条件下冬小麦生长与水肥利用的特征, 采用田间试验, 以不施保水剂和氮肥为对照, 研究了单施氮肥(T2: 225 kg·km⁻²)和其与不同用量保水剂配施(T3: N+保水剂 30 kg·hm⁻²; T4: N+保水剂 60 kg·hm⁻²; T5: N+保水剂 90 kg·hm⁻²)处理对冬小麦生长、土壤矿质氮含量以及水肥利用等影响。结果表明: 保水剂与氮肥的施用显著提高了小麦各生育期的小麦总群体、株高、叶面积、土壤矿质氮含量及水肥利用率等。各处理中, 以T4处理对于总群体数、株高、穗长和穗粒数的提高效果最为显著, 而T5处理对于小麦叶面积和千粒重的提高作用明显。随小麦生育期的推进, 保水剂处理的根冠比均较对照低, 尤其是T3处理。而各生育期土壤矿质氮平均含量表现为T4>T3>T5>T2>CK。最终小麦产量、氮肥农学效率、氮素生产力和水分利用效率, 随保水用量的增加而先增后将, 且均以T4处理最高, 其分别比单施氮肥处理(T2)14.5%、55.9%、34.6%和25.0%。说明各处理中, 以T4处理对小麦的生长、增产及水肥利用的效果最佳。

关键词: 保水剂; 冬小麦; 氮肥; 产量; 氮素利用率; 水分利用效率

中图分类号: S143.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0127-06

Impacts of dosage of water-retaining agent on growth and water and fertilizer utilization of winter wheat

YANG Yong-hui^{1,2}, WU Ji-cheng^{1,2}, LI Zong-jun³, LI Xue-jun³,

HE fang^{1,2}, HOU Zhan-ling⁴, YANG Xian-ming⁵

(1. Institute of Plant nutrition & Resource Environment, Henan academy of agricultural sciences, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2. Yuanyang Experimental Station of Crop Water Use, Ministry of Agriculture, Yuanyang, Henan 453514, China;

3. Tongxu Institute of Agriculture Sciences, Tongxu 475600, China; 4. Xuchang Bureau of Agricultural Technology Extension, Xuchang, Henan 461000, China; 5. Zhengzhou Jinrong Bio-technology Co., Ltd, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: In order to investigate impacts of water-retaining agent on characteristics of growth and water and fertilizer utilization of winter wheat, different dosage of water-retaining agent (T3: 30 kg·km⁻², T4: 60 kg·km⁻², T5: 90 kg·km⁻²) combined with nitrogen fertilizer (225 kg·km⁻²) were tested on winter wheat in a field experiment. Winter wheat growth, soil available nitrogen, water and nitrogen fertilizer utilization were studied and no nitrogen and water-retaining agent (CK) usage was control. The results indicated that application of water-retaining agent and nitrogen fertilizer increased total group number, plant height, leaf area, soil available nitrogen, yield and WUE. The total group number, plant height, leaf area, ear length and grain number per panicle in T4 were higher in other treatments, and leaf area and 1 000 grain mass were increased most in T5. With advancement of wheat growth period, root-shoot ratio of wheat was lower in water-retaining agent treatment than control, especially in T3. The order of average content of soil available nitrogen in various growth of wheat was as follows: T4>T3>T5>T2>control. With increase of water-retaining agent dosage, wheat yield, nitrogen agronomic efficiency, nitrogen productivity and water use efficiency were first increased

收稿日期: 2012-01-20

基金项目: 国家 863 节水农业项目“绿色环保多功能保水制剂”(2006AA100215); 公益性行业(农业)科研专项经费项目“黄淮海高产农田作物需水及高效用水技术研究与示范”(201203077); 河南省杰出青年基金项目“保水剂应用对土壤环境的影响研究”(104100510024)

作者简介: 杨永辉(1978—), 男, 陕西西安人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为土壤生态与节水农业。E-mail: yangyonghui@mails.gucas.ac.cn

*** 通信作者:** 武继承(1965—), 男, 河南通许人, 博士, 研究员, 主要从事节水农业理论与技术研究。E-mail: wujc2065@126.com

and then reduced. All of these parameters were increased most in T4. Compared to single nitrogen treatment (T2), they were increased by 14.5%, 55.9%, 34.6% and 25.0%, respectively. In conclusion, T4 had best effect on growth, yield and water and fertilizer utilization of winter wheat compared with other treatments.

Keywords: water-retaining agent; winter wheat; nitrogen fertilizer; yield; NUE; WUE

养分和水分是限制农业生产的重要因素,氮肥的施用能够显著提高小麦的产量,但由于土壤对植物水、肥的供给与植物对水、肥的吸收不协调,加之肥料用量过高,导致氮肥利用率降低、生产成本提高,且造成了污染环境^[1-4]。而合理施用氮肥可提高氮肥利用率、增加产量和减少土壤和地下水污染。有关这方面的研究已经有很多,但主要侧重于施氮量及不同施用方式对小麦产量的影响^[5-6]。

保水剂因其特殊的分子结构,可改善土壤结构^[7],且有土壤“微型水库”之称,其能迅速吸收并保持自身质量数百倍乃至数千倍的水分,起到蓄水保墒作用^[8-9],当土壤干旱缺水时,可迅速给出水分以供作物利用,提高作物光合速率^[10]、水分效率和产量^[11-12]。且保水剂在吸收和保持降水或灌水的同时,还可减少土壤中养分的流失^[10],且可吸附土壤或肥料中的养分并缓慢释放^[11],使土壤中养分的供给与植物对养分的需求更加同步^[12],提高养分利用率^[13],降低肥料对环境的污染^[14]。

目前,关于干旱条件下冬小麦生长发育及根、冠生长等的研究已有不少^[15-19],且关于保水剂对作物生长影响等方面的研究也屡见不鲜^[20-23],而在氮肥与不同保水剂用量配施条件下,系统研究保水剂对冬小麦生长、植株和土壤养分特征以及水肥利用等影响的报道并不多见。因此,笔者通过研究自然降水条件下,不同用量保水剂施用后对冬小麦不同生育期小麦生长以及对氮素分布特征和水肥利用的影响等,为探明不同用量保水剂水分和氮肥利用的影响以及保水剂的合理应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验设在禹州节水农业试验基地的旱地,海拔 116.1 m,年降水量 674.9 mm,其中 60% 以上集中在夏季,存在较严重的春旱、伏旱和秋旱;土壤为褐土,土壤母质为黄土性物质,该地区地势平坦,土壤容重为 $1.22 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,肥力均匀,耕层有机质 $12.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮 $0.80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、水解氮 $47.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $6.66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $114.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。前茬作物为玉米(*Zea mays* L.)。土壤机械组成为:砂粒(2 ~ 0.02 mm)占 59.1%,粉粒(0.02 ~ 0.002)占 22.5%,

粘粒(<0.002)占 18.4%。

1.2 试验材料

保水剂:采用河南省农科院植物营养与资源环境研究所研制的营养型抗旱保水剂,主要成分为聚丙烯酰胺类物质、有机物质和稀土等,其为白色粉末状。

供试小麦(*Triticum aestivum* L.)品种为:大穗型半冬性中早熟品种郑麦 9694。

1.3 试验设计

根据当地的施肥情况,设置氮肥用量为 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,试验设置:对照(CK,不施保水剂和氮肥),单施氮肥 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T2),保水剂用量 $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T3)、 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T4)、 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T5)与氮肥 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 配施等处理。在田间采取随机区组设计,小区面积 $4 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$,总共 $5 \times 3 = 15$ 个小区。播种前用普通过磷酸钙(P_2O_5) $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和相应处理的 N 肥作底肥,在小区内均匀撒施。于 2008 年 10 月中下旬播种,小麦播量为 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。出苗后,保水剂与土混合(1:10)开沟盖土,沟深 10 ~ 15 cm。试验过程中不进行任何灌水,小区旁设置雨量筒,观测小麦生长期间的降水量。

生育期内降雨特征为:小麦生育期内总耗水 219.4 mm,其中,12 月和翌年 1 月份没有降水,从 10 月小麦播种到 11 月共降雨 30.6 mm,翌年 2 月到 6 月 1 日小麦收获,逐月降雨量分别为 19.1 mm、15.3 mm、57.8 mm、96.6 mm。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 各生育期分蘖数、株高、叶面积、根冠比及产量计算 分蘖期自小麦苗期(定苗)开始在小麦每个关键生育期(分蘖期、返青期、拔节期、孕穗期、灌浆期)进行调查,试验数据单位为 1 m 样段的小麦分蘖数。株高与叶面积计算从拔节期开始,每小区取代表性 5 株植株(每处理 $3 \times 5 = 15$ 株),用最小刻度为 1 mm 的直尺测定小麦株高,同时剪下小麦所有叶片,用经验公式(叶面积 = 叶长 $\times$ 叶宽 $\times$ 经验系数 0.75)计算叶面积。先将小麦地上生物量用剪刀剪断装袋,然后采用钻口直径 9 cm、钻深 20 cm 的根钻,分别在麦行和麦间各取一钻,取样深度为 0 ~ 60 cm,用水冲洗干净后放入烘箱在 105°C 下杀青 0.5 ~ 2 h, $75^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 恒温烘干至恒量,计算根冠比(根冠

比 = (根系干质量/地上部干质量) × 100%, 用电子天平称量。小麦收获时测定小麦成产要素, 以每小区产量记产, 折合成每公顷产量。

1.4.2 植株与土壤氮素测定 土壤全氮采用自动定氮仪法^[27]和土壤矿质氮采用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$ 浸提 $\text{Zn} - \text{FeSO}_4$ 还原蒸馏法^[28]。

1.4.3 氮肥利用效率及水分利用率计算

氮素消耗量 = 播种前冬小麦 40 cm 土层全氮含量 - 收获时 40 cm 土层全氮含量 + 施氮量;

氮素生产力 = 小麦产量/全生育期土壤氮消耗量;

氮肥农学效率 = (施氮处理小麦产量 - 对照小麦产量)/施氮量;

水分利用率 = 小麦籽粒产量/小麦全生育期耗水量。

1.5 数据处理

试验结果均为 3 次重复的算术平均值, 且所得的数据应用统计学及相关的数理统计软件 (DPS) 进行处理。

2 结果与分析

2.1 对小麦生长的影响

2.1.1 小麦群体变化 从图 1 中可以看出, 在整个生育期, 随着小麦的生长发育, 各处理的总群体呈波动性变化, 从出苗到越冬期小麦群体显著增加, 而到返青期由于 2009 年 1—2 月罕见的干旱 (与往年同一时期相比) 导致群体数显著下降。而随降雨量的增加, 到拔节期群体数又增加, 且达到最高 (03-19), 孕穗期群体再次降低, 灌浆期以后总体数不再发生变化。就各处理而言, 在整个生育期, 对照 (CK) 的总群体数最低。而单施氮肥和施用保水剂与氮肥共同使用均显著提高了各生育期的小麦总群体。最终, T4 处理的总群体显著高于其它处理, 说明保水剂用量为 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 与氮肥 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 配施 (T4) 对小麦群体数和成穗数的提高效果最显著。

2.1.2 株高 不同生育期阶段, 冬小麦的株高各处理的株高见图 2。随小麦生育期的推进, 其株高逐渐增加, 且拔节到孕穗期的小麦株高增加幅度最大, 孕穗期后小麦株高没有明显变化。

在拔节期, 小麦株高均在 32 cm 以下, 随保水剂用量的增加, 小麦株高先增后降, 但均高于对照和单施氮肥的处理 (T2)。而随小麦生育期的推进, 各处理间的变化较大, 其株高表现为: $\text{T4} > \text{T5} > \text{T2} > \text{T3} > \text{CK}$, 表明在保水剂用量较低时 ($30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), 小麦株高增加幅度较少, 且小于单施保水剂的处理。到灌

浆期, 对照 (CK) 和单施氮肥处理 (T2) 的株高高于 T3 处理, 而 T4 处理株高最高。综上所述, 在不同生育期, 保水剂用量适中时对于小麦的株高的增加最为有利。

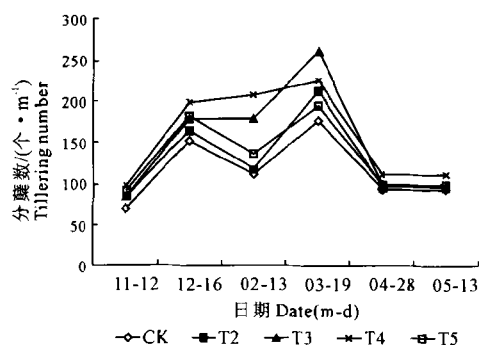


图 1 不同生育期各处理群体变化特征

Fig.1 Population variation characteristics of different treatments in different growth stages

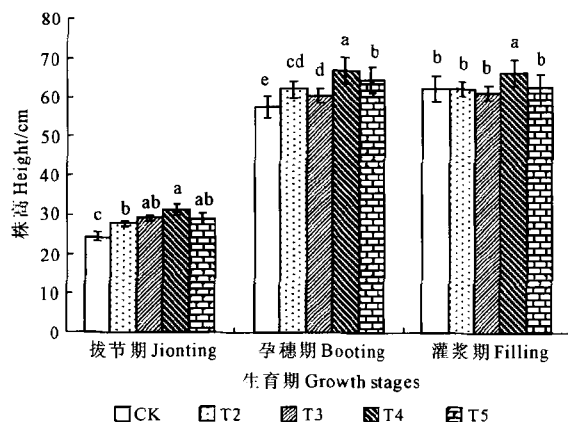


图 2 不同生育期各处理株高

Fig.2 The height of different treatments in different growth stages

2.1.3 叶面积 从图 3 中可以看出, 随着小麦生育期的推进, 叶面积出现一个峰值, 在孕穗期达到最大, 其次为灌浆期, 拔节期最低。就各处理而言, 对照 3 个时期的叶面积均显著低于其它处理。而在拔节期, 随保水剂用量的增加, 小麦叶面积显著提高, 分别较对照和单施氮肥增加 55.1%、66.7%、73.6% 和 41.8%、52.4%、58.7%。到孕穗期, 各处理叶面积大小为: $\text{T4} > \text{T2} > \text{T3} > \text{T5} > \text{CK}$, 保水剂及单施氮肥处理仍高于对照, 但保水剂用量过低或过高, 其叶面积较单施氮肥处理有所降低。而到灌浆期, 随保水剂用量的增加, 叶面积显著增加, 且保水剂处理均明显高于单施氮肥的处理。说明在保水剂的参与下, 氮肥的施用对于小麦叶面积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, 叶面积增加幅度有所降低。

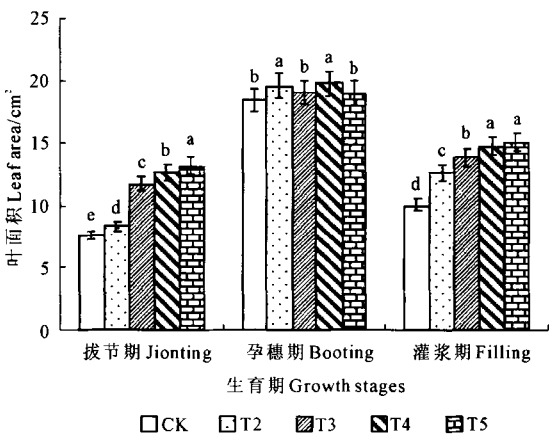


图 3 不同生育期各处理叶面积

Fig.3 The leaf area of different treatments in different growth stages

2.1.4 根冠比 从表 1 中可以看出,随小麦生育期的推进,其根冠比降低。在拔节期,随保水剂用量的增加,小麦根冠比增加,但除 T5 处理外,其它处理根冠比均低于对照。孕穗期根冠比以对照最高,而 T5 最小。而灌浆期各处理根冠比没有显著性差异,均为 0.07 左右。到收获期,各处理的根冠比降到最低,其中对照最高,而保水剂处理的根冠比较低。说明保水剂用量过大对小麦前期生长会产生一定的胁迫作用,从而刺激根系增加,以扩大根系的吸收面积,降低作物受旱的程度,促进作物的正常生长。而随小麦生育期的推进,保水剂处理的根冠比均较对照低,尤其是 T3 处理。说明保水剂的施用改善了作

物地上部分的生长,从而促进其生殖生长而有利于籽粒产量的提高。

表 1 不同生育期各处理根冠比

Table 1 Biomass and root-shoot ratio of different treatments in different growth stages

处理 Treatment	拔节期 Jointing	孕穗期 Booting	灌浆期 Filling	收获期 Harvest
CK	0.28e	0.15a	0.08	0.08a
T2	0.23cd	0.11b	0.08	0.07a
T3	0.19d	0.11b	0.06	0.04b
T4	0.20cd	0.14a	0.08	0.06ab
T5	0.42a	0.09b	0.07	0.05b

注:同列数相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: The same letter indicated no significant difference ($P > 0.05$), different letter indicated significant difference ($P < 0.05$). Hereinafter the same.

2.1.5 产量构成因素 从表 2 中可以看出,随保水剂用量的增加,小麦的穗粒数先增后降,其中, T3 处理的穗粒数最高,而 T5 处理低于 T2 处理,但高于对照。千粒重随保水剂用量的增加而提高,单施氮肥的处理(T2)显著高于 T3 和 T4 处理,而与 T5 处理之间差异不显著。穗长和小穗数以 T4 处理最高,其它处理间差异较小。而不孕穗以对照和 T2 处理最多, T4 处理不孕穗数最少。说明,保水剂用量不同,其对小麦成产要素的影响存在一定的差异,但均有利于成产要素的提高。

表 2 不同处理对穗粒数、千粒重及穗长等的影响

Table 2 The effects of different treatments on number of grains per panicle, 1000 grain mass and ear length

处理 Treatment	穗粒数/个 Grain number per panicle	千粒重 1000 grain mass /g	穗长 Ear length /cm	小穗数/个 Panicle	不孕穗/个 No panicle
CK	22.3b	41.0b	7.0c	16.4c	3.7a
T2	26.2b	42.5a	7.0c	17.2b	3.5a
T3	38.5a	40.8b	7.6bc	17.3b	2.8b
T4	28.5b	41.8ab	8.0ab	17.8ab	2.5b
T5	24.7b	42.4a	7.6bc	16.8bc	3.2ab

2.2 田间试验条件下冬小麦土壤矿质氮和植株养分分布及水、肥利用

2.2.1 不同生育期土壤矿质氮 保水剂的施用会对土壤养分有效性产生一定的影响。从图 4 中可以看出,随生育期的推进,各处理土壤矿质氮基本呈现先降后增的趋势。各处理中,对照(CK)和单施氮肥处理(T2)的土壤矿质氮含量到灌浆期降至最低,但收获时,其土壤矿质氮含量有所回升。而保水剂施用的处理,其土壤矿质氮含量的最低点为孕穗期,之

后逐渐增加,但 T5 处理收获时的土壤矿质氮含量达到最低。对照在冬小麦全生育期的土壤矿质氮含量均最低,其次为单施氮肥的处理。孕穗期前各处理的土壤矿质氮含量表现为: T4 > T5 > T3 > T2 > CK。而孕穗期后土壤矿质氮含量表现为: T4 > T3 > T5 > T2 > CK。说明保水剂用量适宜时(T4)更利于促进土壤矿质效养分的提高,从而有利于作物对养分的吸收与利用,提高了氮素的利用潜力。

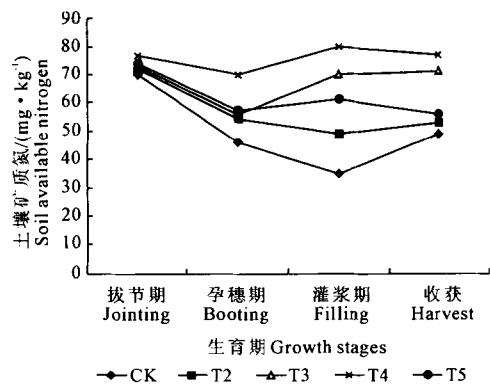


图 4 保水剂用量对冬小麦不同生育期土壤矿质氮含量的影响

Fig.4 The effect of water retaining-agent on soil available nitrogen content in different growth stages

2.2.2 收获后植株全氮累积量分析 小麦收获后籽粒、颖壳、茎叶及植株中的全氮累积量(以 5 株累积量计算)见表 3。可以看出,小麦籽粒中积累的全氮含量明显高于颖壳和茎叶,颖壳中的全氮累积量最低。籽粒中的全氮累积量随保水剂用量的增加而表现为先增后降,各处理中以 T4 处理中的全氮累积量最高,较对照和单施氮肥增加 31.6%和 19.6%。颖壳中的全氮累积量仍以 T4 处理最高,其次为 T2 和 T5 处理,对照和 T3 处理最低。而茎叶中的全氮累积量以 T4 处理最低,其次为对照、T5 和 T2 处理, T3 处理最高。说明 T4 处理将茎叶中吸收的氮素更多地转化到了籽粒中,有利于提高小麦的品质。最终植株全氮累积量表现为: T3 > T2 > T5 > T4 > CK, 分别比对照全氮累积量增加 31.7%、20.4%、17.5% 和 16.9%。从分配比例来看,各处理中 T4 处理籽粒中积累的氮素占植株全氮累积量的 75.1%,其次为对照、T5 和 T2, T3 处理最低,为 58.2%。

2.2.3 水肥利用分析 不同处理最终的小麦产量及水肥利用效率见表 4。可以看出,随保水剂用量的增加,小麦消耗氮量先降后增, T3、T4 和 T5 的氮素消耗量均低于单施氮肥的处理,而高于对照。

表 3 不同处理收获后植株全 N 累积量分析/g

Table 3 The analysis of whole nitrogen accumulation at different growth stages

处理 Treatment	籽粒 Seed	颖壳 Glume	茎 + 叶 Stem + leaf	植株全氮累积量 Whole nitrogen accumulation of plant
CK	30.1c	2.6c	12.4c	45.1c
T2	33.1b	3.4b	17.9b	54.3b
T3	34.6b	2.5c	22.4a	59.4a
T4	39.6a	4.4a	8.7d	52.7b
T5	33.6b	3.0b	16.3bc	53.0b

全生育期小麦总耗水量表现为:对照和 T2 处理最高,保水剂处理间没有显著差异。地上生物量以 T2 和 T3 处理显著高于其它处理, T4 处理最低,对照和 T5 处理居中。小麦产量表现为: T2、T3、T4 和 T5 处理分别比对照增加 35.1%、48.4%、54.8%、35.4%、42.0%。而相同氮肥用量条件下,保水剂处理(T3、T4 和 T5)分别较单施氮肥处理(T2)小麦产量增加 9.8%、14.5%和 0.2%。说明保水剂用量过高,相同肥力条件下增产不明显。经济系数表现为: T4 > T5 > T3 > T2 > CK。表明保水剂用量适中时(T4),有更多的干物质转化到籽粒中,物质转化率较高。氮素生产力仍以 T4 处理显著高于其它处理,达 40.1 kg·kg⁻¹。而对照因为没有进行施肥,因此其氮素生产力也较高, T3 和 T5 处理间差异不显著。而氮肥农学效率表现为: T4 > T3 > T5 > T2。最终的水分利用效率表现为: T4 > T3 > T5 > T2 > CK,随保水剂用量的增加,小麦水分利用效率分别比单施氮肥处理(T2)增加 17.0%、25.0%和 2.1%。说明保水剂的施用在提高了土壤养分利用的同时,促进了土壤水分利用效率的提高。

综上所述,施用氮肥的处理中,以 T4 处理氮素和水分的消耗较低,但其对产量、经济系数、氮素生产力及水分利用效率的提高效果最佳。

表 4 保水剂与氮肥施用 N 素消耗量、产量、氮肥生产力等的影响

Table 4 The effects of water-retaining agent combined with nitrogen on nitrogen consumption, yield and nitrogen productivity

处理 Treatment	N 素消耗量 Nitrogen consumption /(kg·hm ⁻²)	总耗水量 Total water consumption /mm	生物量 Biomass /(kg·hm ⁻²)	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	经济系数 Economic coefficient	氮肥农学效率 Nitrogen agronomic efficiency /(kg·kg ⁻¹)	氮素生产力 Nitrogen productivity /(kg·kg ⁻¹)	水分利用效率 WUE /(kg·mm·hm ⁻²)
CK	84.4e	244.8a	13150.0b	3354.0c	0.26c	—	39.8a	13.7e
T2	151.9b	240.7a	15200.0a	4531.7b	0.30bc	5.2c	29.8b	18.8b
T3	156.9a	225.8b	15400.0a	4976.2a	0.32bc	7.2b	31.7b	22.0a
T4	129.4d	220.9b	12700.0b	5190.5a	0.41a	8.2a	40.1a	23.5a
T5	141.9c	236.0ab	13350.0b	4539.7b	0.34b	5.3c	32.0b	19.2b

3 结论与讨论

保水剂通过改善土壤水分环境来促进作物生长,从而有利于作物产量和水分利用效率的提高。且保水剂与氮肥配施后可提高肥效,促进作物对氮素的吸收,提高作物产量,但保水剂本身的吸收能力有所下降^[29]。本研究结果表明,与单施氮肥处理相比(T2),保水剂与氮肥共同施用显著提高了冬小麦各生育期的小麦总群体、株高、叶面积、成产要素,降低了不孕穗,且各处理中,以保水剂用量为 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 与氮肥配施的处理(T4)的总群体数、株高、穗长和穗粒数的效果最为显著,而 T5 处理对于小麦叶面积和千粒重的提高作用明显。

保水剂用量过大,影响作物根系生长,降低根系的生理机能^[30],从而影响地上部分养分的供应与生长。本研究结果表明,随小麦生育期的推进,保水剂处理的根冠比均较对照低,尤其是 T3 处理。说明保水剂的施用改善了作物地上部分的生长,与对照相比,此试验保水剂用量范围内未产生胁迫,因此,其促进了小麦生殖生长而有利于籽粒产量的提高。

关于保水剂的研究主要偏重于水分利用方面,而针对养分利用方面的研究报道较少。保水剂在调节土壤水分同时,改善了养分的供应^[12-13],促进作物的生长和品质的提高^[31],相应地提高了其肥料利用效率。保水剂与土壤混合施用,能保留大量的水分和养分,尤其是铵根离子和钾离子^[32]。当植物需要时,这些存储的水分和养分会释放出来^[33],因此,保水剂作为养分载体和调节器,在保持植物正常生长的同时,可减少肥料的损失^[34-35]。

本研究发现,保水剂的施用提高了冬小麦不同生育期土壤的矿质氮含量,其用量适宜时($60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)更利于促进氮素速效养分的提高,从而促进作物吸收与利用养分。同时,保水剂与氮的施用降低了对水分的消耗,提高了小麦产量、经济系数及水分与养分利用率。本研究表明,T4 处理的经济系数最高,其更利于干物质向籽粒中转化,提高小麦籽粒产量。各处理中,保水剂处理(T3、T4 和 T5)的产量分别较单施氮肥处理(T2)小麦产量增加 9.8%、14.5% 和 0.2%。最终的氮肥农学效率表现为 $T4 > T3 > T5 > T2$ 。而氮素生产力和水分利用效率,随保水剂用量的增加,分别比单施氮肥处理(T2)增加 6.4%、34.6%、7.4% 和 17.0%、25.0%、2.1%,说明保水剂的施用在提高了小麦养分利用率的同时,也提高了小麦的水分利用效率,且各处理中以 T4 处理效果最佳。

综上所述,各处理中,以 T4 处理(保水剂 60

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 与氮肥配施)对小麦的生长、土壤矿质氮含量、产量、经济系数、氮素生产力及水分利用效率的提高效果最佳,保水剂用量过高,效果有所降低。

参考文献:

- [1] 巨晓棠,刘学军,张福锁.冬小麦与夏玉米轮作体系中氮肥效应及氮素平衡研究[J].中国农业科学,2002,35(11):1361-1368.
- [2] 杨新泉,冯 锋,宋长青,等.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):373-376.
- [3] Dana L D, Douglas L K, Dan B J, et al. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile - drained midwestern soils[J]. Agronomy Journal, 2002,94:153-171.
- [4] Yang S M, Li F M, Sukhdev S M, et al. Long-term fertilization effects on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in northwestern China[J]. Agronomy Journal, 2007,96:1039-1049.
- [5] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等.基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J].生态学报,2002,22(7):1122-1128.
- [6] 石 玉,于振文,李艳奇,等.施氮量和底追肥比例对冬小麦产量及肥料氮去向的影响[J].中国农业科学,2007,40(1):54-62.
- [7] 杨永辉,武继承,吴普特,等.秸秆覆盖与保水剂对土壤结构、蒸发及入渗过程的作用机制[J].中国水土保持科学,2009,7(5):70-75.
- [8] 李秧秧,黄占斌.节水农业中化控技术的应用研究[J].节水灌溉,2001,(3):4-6.
- [9] 董 英,郭绍辉,詹亚力.聚丙烯酰胺的土壤改良效应[J].高分子通报,2004,(5):83-87.
- [10] Yang Yonghui, Wu Jicheng, Wu Pute. Effects of superabsorbent polymer on the physiological characteristics of winter wheat under drought stress and rehydration[J]. African Journal of Biotechnology, 2011,10(66):14836-14843.
- [11] 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.
- [12] 杨永辉,武继承,李宗军,等.保水剂对冬小麦生长及水分利用效率的影响[J].华北农学报,2011,26(3):173-178.
- [13] 杜建军,荀春林,崔英德,等.保水剂对氮肥氮挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(4):1296-1301.
- [14] Shaviv S W, Mikkelsen R L. Controlled release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation [J]. Fertilizer Research, 1993,35:1-12.
- [15] 马焕成,罗质斌,陈义群,等.保水剂对土壤养分的保蓄作用[J].浙江林学院学报,2004,21(4):404-407.
- [16] 刘世亮,寇太记,介晓磊,等.保水剂对玉米生长和土壤养分转化供应的影响研究[J].河南农业大学学报,2005,39(2):146-150.
- [17] 何绪生,何养生,邹绍文.保水剂作为肥料养分缓释载体的应用[J].中国土壤与肥料,2008,(4):5-9.
- [18] 刘子凡,梁计南,谭中文,等.土壤保水剂对甘蔗抗旱性的影响[J].甘蔗,2004,11(2):11-15.
- [19] 万惠娥,黄占斌.保水剂对旱区农作物保水效应的研究[J].宁夏农林科技,2000,(5):38-39.

(下转第 149 页)

重要贡献^[10]。系统探索油菜早期活力对保证油菜苗期生长,发展较强根系以有效促进后期发育和成熟期收获有重要意义;提高油菜早期活力也可提高作物的水分利用效率,达到作物抗旱丰产的目的。这也将成为今后油菜育种的研究重点。

参考文献:

- [1] 赵红梅,郭程瑾,段巍巍,等.小麦品种抗旱性评价指标研究[J].植物遗传资源学报,2007,8(1):76-81.
- [2] 桂月晶.油菜抗旱指标筛选及抗旱相关基因的表达分析[D].河南:河南大学,2011.
- [3] 王道杰,桂月晶,杨翠玲,等.油菜抗旱性及鉴定方法与指标Ⅲ.油菜苗期抗旱性及鉴定指标筛选[J].西北农业学报,2012,21(6):108-113.
- [4] 谢惠民,石峰,张晓科,等.我国北部不同生态区冬小麦新品种水分利用效率的研究[J].西南农业学报,2005,18(5):557-561.
- [5] 山仑.挖掘植物自身抗旱节水潜力的探讨[J].河南大学学报,2012,42(5):587-592.
- [6] Rebetzke G J, Bruce S, Kirkegaard J A. Genotypic increases in coleoptile length improves emergence and early vigor with crop residues[J]. Plant Soil, 2005,270:87-100.
- [7] Boatwright T L, Condon A G, Rebetzke G J, et al. Field evaluation of early vigor for genetic improvement of grain yield in wheat[J]. Aust J Agric Res, 2002,53:1137-1145.
- [8] Margreet W, Franka M, Hans L, et al. Genetic and physiological architecture of early vigor in *aegilops tauschii*, the D-genome donor of hexaploid wheat: A quantitative trait loci analysis[J]. Plant Physiology, 2005,139:1078-1094.
- [9] Rosl C, Bell R W, White P F. Seedling vigor and the early growth of transplanted rice (*Oryza sativa*) [J]. Plant and Soil, 2003,252:325-337.
- [10] Messmer S T P, Stamp N, Ruta A. QTLs for early vigor of tropical maize[J]. Mol Breeding, 2010,25:91-103.
- [11] 杨春杰,程勇,邹崇顺.模拟干旱胁迫下不同甘蓝型油菜品种发芽能力的配合力与遗传效应分析[J].作物学报,2008,34(10):1744-1749.
- [12] 杨春杰,张学昆,邹崇顺,等.PEG-6000模拟干旱胁迫对不同甘蓝型油菜品种萌发和幼苗生长的影响[J].中国油料作物学报,2007,29(4):425-430.
- [13] Lu Xunli, Niu Aolei, Cai Haiya, et al. Genetic dissection of seedling and early vigor in a recombinant inbred line population of rice[J]. Plant Science, 2007,172:212-220.
- [14] Rebetzke G J, Richards R A. Genetic improvement of early vigor in wheat[J]. Aust J Agric Res, 1999,50:291-301.
- [15] Richards R A, Lukacs Z. Seedling vigor in wheat—sources of variation for genetic and agronomic improvement[J]. Aust J Agric Res, 2002,53:41-50.
- [16] Haas H P, Rober R. Substrate additives, watering and growth of *euphorbia pulcherrima* [J]. Gartenbau Magazine, 1993,12(2):68-70.
- [17] Huttermann A, Zommodi M, Reise K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *pinus halepensis* seedling subjected to drought[J]. Soil and Tillage Research, 1999,50(4):295-304.
- [18] Viero P W M, Little K M, Ocroft D G. Establishment of *Eucalyptus grandis* X *camaldulensis* clones in Zululand; the effect of a soil amended hydrogel[J]. ICFR - Bulletin - Series, 2000,(7):1-120.
- [19] 赵正雄,赵明,张福瑛.育苗时使用保水剂对移栽玉米生长发育和产量的影响[J].耕作与栽培,2002,(2):13-14.
- [20] Akhter J, Mahmood K, Malik K A. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea[J]. Plant, Soil and Environment, 2004,50(10):463-469.
- [21] Silberbush M, Adar E, De M Y. Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. I Com irrigated by trickling [J]. Agricultural Water Management, 1993,23:303-313.
- [22] Silberbush M, Adar E, De M Y. Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. II Cabbage irrigated by sprinkling with different water salinities[J]. Agricultural Water Management, 1993,23:313-327.
- [23] 马兰,李坤雄.食品质量检验[M].北京:中国计量出版社,1997:7.
- [24] 浙江农业大学.农业化学分析[M].上海:上海科技出版社,1987:174-182.
- [25] 张富仓,李继成,雷艳,等.保水剂对土壤保水持肥特性的影响研究[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(1):120-128.
- [26] 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.
- [27] 吴娜,赵宝平,曾昭海,等.两种灌溉方式下保水剂用量对裸燕麦产量和品质的影响[J].作物学报,2009,35(8):1552-1557.
- [28] Magalhaes J R, Wilcox G E, Rodriguez F C, et al. Plant growth and nutrient uptake in hydrophilic gell-treated soil[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1987,18:1469-1478.
- [29] Huttermann A, Zommodi M, Reise K. Addition of hydrogel to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought[J]. Soil Tillage Research, 1999,50:295-304.
- [30] Shainberg I, Warrington D N, Rengasamy P. Water quality and PAM interactions in reducing surface sealing [J]. Soil Science, 1990,149:301-307.
- [31] Mikkelsen R L. Using hydrophilic polymers to control nutrient release [J]. Fertilizer Research, 1994,38:53-59.