休闲期深翻覆盖对旱地小麦水氮利用效率和产量的影响*

白 冬 高志强** 孙 敏 赵维峰 邓 妍 李 青
(山西农业大学农学院, 山西太谷 030801)

摘 要 采用大田试验研究了旱地小麦休闲期不同时间深翻、不同材料覆盖对植株氮素吸收和转运分配、水分和氮利用效率的影响。结果表明:前茬小麦收获后45 d深翻覆盖较15 d提高了拔节期、孕穗期、成熟期植株含氮率,提高了各生育时期植株氮积累量和各生育阶段氮吸收速率,提高了花前氮素转移量、转移率,提高了液态地膜覆盖和不覆盖条件下花前氮素转运对籽粒氮的贡献率,提高了籽粒氮积累量及其所占的比例,降低了叶片、茎秆、颖壳+穗轴中氮积累量所占的比例,且均以采用渗水地膜覆盖效果较好;前茬小麦收获后45 d深翻覆盖较15 d增加了产量和水分利用效率,提高了氮素吸收效率、氮素生产效率。总之,休闲期等雨后深翻覆盖有利于植株氮素吸收、积累,有利于花前植株中贮存氮素向籽粒的转移,促进籽粒中氮素积累,降低其他器官中的氮素,最终提高产量、水分利用效率、氮素吸收效率及氮素生产效率,且以渗水地膜覆盖效果较好。

关键词 旱地小麦; 休闲期; 深翻覆盖; 产量; 水氮利用效率
中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)6-1497-07

Effects of deep plowing and mulching in summer fallow period on dryland wheat yield and water- and nitrogen use efficiency. BAI Dong, GAO Zhi-qiang**, SUN Min, ZHAO Wei-feng, DENG Yan, LI Qing (*College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu* 030801, *Shanxi*, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, **32**(6): 1497-1503.

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of deep plowing at different time and of mulching with different materials in summer fallow period on the nitrogen absorption, translocation, and allocation, and on the water- and nitrogen use efficiency of dryland wheat. As compared with the deep plowing and mulching after 15 days of previous wheat harvest, the deep plowing and mulching after 45 days of previous wheat harvest improved the plant nitrogen content at elongation, booting, and mature stages, increased the plant nitrogen accumulation and nitrogen uptake at each growth stage, increased the nitrogen transfer amount and transfer rate in pre-anthesis, increased the contribution rate of nitrogen transfer to grain nitrogen in pre-anthesis under liquid film mulching and no-mulching, and increased the accumulation amount and rate of grain nitrogen while decreased the accumulation rate of nitrogen in leaf, steam, and glume + spike stem, with the better effects under seepage plastic mulching. Deep plowing and mulching after 45 days of previous wheat harvest, as compared with that after 15 days of previous wheat harvest, increased the yield and water use efficiency and the nitrogen uptake efficiency and production efficiency. In sum, deep plowing and mulching after rain in fallow period increased the plant nitrogen uptake and accumulation, and was conducive to the transfer of pre-anthesis stored nitrogen to grain, increased the accumulation of grain nitrogen, decreased the nitrogen accumulation of vegetative organ, and ultimately, improved the yield, water use efficiency, nitrogen uptake efficiency, and nitrogen production efficiency. Among the mulching measures, seepage plastic mulching had better effects.

Key words: dryland wheat; fallow period; deep plowing and mulching; yield; water- and nitrogen use efficiency.

* 公益性行业科研专项经费(201303104)、现代农业产业技术体系建设专项经费(CARS-03-01-24)、国家自然科学基金项目(31101112)、山西省回国留学人员科研项目(2009037)和山西省青年基金项目(2010021028-3)资助。
** 通讯作者 E-mail: gaozhiqiang1964@126.com
收稿日期: 2012-10-16 接受日期: 2013-03-04

小麦的氮素吸收、积累及运转与产量和品质密切相关,水分是影响氮素吸收运转的重要因素(张永丽和于振文, 2008),水分和氮素作为两个影响小麦生长发育的重要因子,存在一定的互作效应(范雪梅等, 2006; Bahrani, 2011; 陈星等, 2012; 臧贺藏等, 2012)。陈星等(2012)认为,水氮互作对小麦籽粒产量、氮积累量、氮素利用率有显著或极显著影响;Bahrani(2011)研究表明,水分亏缺降低了小麦植株中营养器官氮素运转量;范雪梅等(2006)研究表明,干旱逆境条件下施用氮肥对小麦植株氮代谢和籽粒蛋白质积累有明显的调节效应。自然降水是旱地麦田唯一的水分来源,充分利用有限的天然降水,提高土壤集雨保墒能力是实现该区农业可持续发展的重要途径。因此,前人在蓄水保墒技术上做了大量的研究(樊俊华和宋小丽, 2006; 党廷辉等, 2008; 张水清等, 2010; 李艳和刘海军, 2012),李艳和刘海军(2012)对旱地小麦地膜覆盖栽培技术的研究认为地膜覆盖可以减少土壤蒸发和提高水分利用率;党廷辉(2008)、樊俊华和宋小丽(2006)研究了覆盖栽培对小麦产量与水分的影响,结果均表明地膜覆盖具有较好的保温增温效果,提高了产量和水分利用率。中国北方旱区60%的降雨集中在休闲期,由于夏季温度高,地表水分蒸发损失多,达不到伏雨春用的目的,如何充分利用休闲期有限的降水资源,集雨用雨,提高水分利用率、肥料利用率,从而提高小麦产量和品质,是旱区农田管理的关键环节。而前人的研究多集中在生育期的覆盖保水方面,往往忽视了休闲期的蓄水保墒研究。因此,本文立足于蓄保休闲期降雨,研究休闲期深翻覆盖的蓄水保墒效果及对氮素吸收利用的影响,以明确休闲期深翻覆盖的具体时间及最佳覆盖方式,探索旱地小麦休闲期蓄水保墒技术的新途径。

1 材料与方法

1.1 试验设计

田间试验于2009—2011年在山西农业大学闻喜试验基地进行。试验地为夏闲地,2010年7月1日测定土壤肥力,有机质为8.65 g·kg^{-1},全氮0.74 g·kg^{-1},碱解氮为32.93 mg·kg^{-1},速效磷为20.08 mg·kg^{-1}。

试验区十年九旱,降水60%~70%集中于夏秋季(7、8、9月)。表1为试验田2005—2011年降雨情况,数据由闻喜县气象局提供。2010—2011年全年降雨量较常年稍高,总体表现为休闲期偏高,生育前期较低,2005—2011年平均休闲期降雨量占全年的58.0%,2010—2011年占75.0%。

供试品种为"运旱20410",由闻喜县农业局提供。试验采用二因素裂区设计,以休闲期深翻覆盖的时间为主区,设麦收后15 d(7月1日,15 DAH)、麦收后45 d(8月1日,45 DAH)两个水平,两个水平之间相差1个月(7月),降雨量相差为132.3 mm,即8月1日深翻覆盖处理在雨后进行;以覆盖方式为副区,设渗水地膜覆盖(由山西农科院综考所提供,是山西省农科院综合考察研究所研制的一种新型农膜,具有微通透结构,能渗水、通气,渗水地膜表面看上去和普通地膜一样,使用方法一样,WPM)、液态地膜覆盖(山东邹城"乌金"牌,由邹城市环保化工产,使用时先将原粉用1.5~2倍的清水化开搅拌成细腻的糊状,再加4倍清水搅拌均匀,即每10 kg原粉兑60 kg水,经滤网过滤后,用喷雾器均匀地喷覆地面,LF)、不覆盖(NF)3个处理,共6个处理,重复3次,小区面积30 m×3 m=90 m^2。前茬小麦收获时留高茬,休闲期撒入有机肥(1500 kg·hm^{-2}),将秸秆、有机肥深翻(深度为25~30 cm)入土壤中,而后覆盖,9月5日揭膜、耙耱收墒。9月29日播种,基施氮、磷、钾肥,纯氮150 kg·hm^{-2},P_2O_5 150 kg·hm^{-2},K_2O 150 kg·hm^{-2},基本苗315×10^{4}株·hm^{-2},行距20 cm,机械条播。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤水分的测定 分别于前茬小麦收获后15、30、65、107(播前)、178(越冬期)、281(返青期)、

表1 闻喜试验点小麦各生育时期的降水量(mm)

Table 1 Precipitation in different growth period at the experimental site in Wenxi

年份	休闲期			播种-越冬	越冬-拔节	拔节-开花	开花-成熟	总计
	7月	8月	9月					
2005—2010(mean)	80.8±50.3	74.3±19.9	72.5±24.4	46.9±9.8	35.5±12.8	34.1±0.1	61.4±5.9	405.5±39.4
2010—2011	132.3	219.5	49.7	27.1	19.1	22.2	64.8	534.7

数据来源:山西省闻喜县气象站。休闲期:7月上旬—10月上旬;播种-越冬:10月上旬—11月下旬;越冬-拔节:11月下旬—4月上旬;拔节-开花:4月上旬—5月上旬;开花-成熟:5月上旬—6月中旬。

303(拔节期)、316(孕穗期)、326(开花期)、365 d(成熟期),用土钻取 0 ~ 300 cm(每 20 cm 为 1 层)土样,采用烘干法测定土壤水分。

土壤蓄水量(mm)=[(湿土重-烘干土重)/烘干土重×100%]×土层厚度(mm)×各土层容重

1.2.2 植株干物质量及含氮率的测定　于越冬期、返青期、拔节期、开花期、成熟期取样 20 株,其中越冬期、返青期、拔节期取整株样品,开花期植株样品为叶片、茎秆+叶鞘、穗三部分,成熟期植株样品为籽粒、叶片、茎秆+叶鞘、颖壳+穗轴四部分。样品于 70 ℃烘至恒重,测定干物质量。将不同生育时期的植株样本烘干后磨碎,用 H_2SO_4-H_2O_2-靛酚蓝比色法测定(赵俊晔和于振文,2006)。经与半微量凯氏定氮量测定结果进行对比分析,两方法测定结果一致。

1.2.3 成熟期考种及产量测定　成熟期调查单位面积穗数、每穗平均粒数及千粒重,每小区取 20 株测定生物产量,共收割 2 m^2,计经济产量。

1.3 数据分析

水分利用率、干物质运转、氮素运转的计算公式分别参照山仑和陈国良(1993)、范雪梅等(2005)、赵俊晔和于振文(2006)的方法。

水分利用效率=作物籽粒产量/耗水量

花前氮运转量=开花期营养器官氮积累量-成熟期营养器官氮积累量

花前运转氮贡献率=花前氮运转量/籽粒氮积累量×100%

花后氮积累量=成熟期植株氮积累量-开花期植株氮积累量

花后积累氮贡献率=花后氮积累量/籽粒氮积累量×100%

氮肥吸收效率=氮积累量/施氮量

氮素利用效率=籽粒产量/氮积累量

氮肥生产效率=籽粒产量/施氮量

氮素收获指数=籽粒氮积累量/成熟期氮积累量

试验数据采用 Excel 2000、SAS 8.0 软件进行数据分析、计算、绘图与统计分析。

2　结果与分析

2.1 休闲期深翻覆盖对植株氮素吸收积累的影响

2.1.1 对各生育时期植株含氮率和氮积累量的影响　随生育进程的推移,植株含氮率表现为先升高后降低的变化趋势,拔节期出现峰值;植株氮积累量表现为增加趋势,成熟期最大(表 2)。前茬小麦收获后 45 d 深翻覆盖较 15 d 可提高拔节期、孕穗期、成熟期植株含氮率。若 15 d 深翻覆盖可提高越冬期、拔节期、孕穗期、成熟期植株含氮率,且采用渗水地膜覆盖差异显著;若 45 d 深翻,采用渗水地膜覆盖可显著提高越冬期、孕穗期、开花期、成熟期植株含氮率,采用液态地膜覆盖可显著提高越冬期、孕穗期、成熟期植株含氮率,且均以渗水地膜覆盖高于液态地膜覆盖。

前茬小麦收获后 45 d 深翻覆盖较 15 d 可显著提高各生育时期植株氮积累量,且以渗水地膜覆盖高于液态地膜覆盖。可见,休闲期等雨后深翻有利于植株氮积累,可增加覆盖对植株含氮率的调控效应,且采用渗水地膜覆盖效果更好。

2.1.2 对各生育阶段氮吸收速率的影响　植株各生育阶段氮吸收速率表现为单峰曲线变化趋势,以孕穗-开花阶段最高(图 1)。前茬小麦收获后 45 d 深翻覆盖较 15 d 可提高各生育阶段氮吸收速率。15 d 深翻覆盖可提高出苗-越冬、越冬-拔节两阶段植株氮吸收速率;45 d 深翻覆盖可提高各生育阶段氮吸收速率,采用渗水地膜覆盖出苗-越冬、越冬-拔节、孕穗-开花差异显著,采用液态地膜覆盖出苗-越

表 2　休闲期深翻覆盖对各生育时期植株含氮率和氮积累量的影响

Table 2　Effect of mulch under deep tillage in fallow period on N content and N accumulation amount in plant at different growth stages

处理时间(d)	覆盖	越冬期 WS		拔节期 ES		孕穗期 BS		开花期 AS		成熟期 MS	
		含氮率(%)	氮积累量(kg·hm^{-2})	含氮率(%)	氮积累量(kg·hm^{-2})	含氮率(%)	氮积累量(kg·hm^{-2})	含氮率(%)	氮积累量(kg·hm^{-2})	含氮率(%)	氮积累量(kg·hm^{-2})
15	WPM	1.3 a	11.6 a	1.8 a	45.9 a	1.5 a	83.5 a	1.1a	134.2 a	1.2 a	163.4 a
	LF	1.2 ab	10.9 b	1.7 a	39.4 b	1.4 ab	79.2 b	1.1 b	118.0 b	1.1 b	146.6 b
	NF	1.2 b	9.9 c	1.5 a	31.6 c	1.4 b	74.1 c	1.2 a	113.4 c	1.1 b	141.5 c
45	WPM	1.3 a	15.3 a	1.9 a	49.4 a	1.6 a	90.9 a	1.2 a	142.9 a	1.3 a	176.7 a
	LF	1.3 ab	13.2 b	1.7 b	41.8 b	1.5 b	85.0 b	1.1 b	127.0 b	1.2 b	158.9 b
	NF	1.2 b	11.9 c	1.8 c	39.6 c	1.5 c	80.2 d	1.1 b	122.0 c	1.1 b	153.4 c

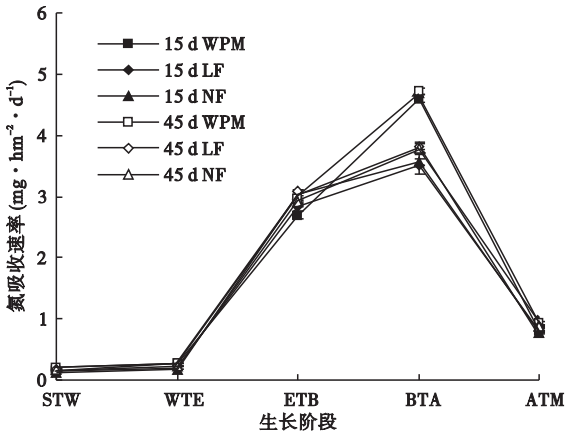


图1 休闲期深翻覆盖对各生育阶段氮素吸收速率的影响

Fig. 1 Effect of mulch under deep tillage in fallow period on nitrogen uptake rate at different growth periods

STW:播种-越冬;WTE:越冬-拔节;ETB:拔节-孕穗;BTA:孕穗-开花;ATM:开花-成熟。

冬、拔节-孕穗差异显著。此外,深翻后采用渗水地膜覆盖较液态地膜可显著提高出苗-越冬、越冬-拔节、孕穗-开花各阶段氮吸收速率。说明,休闲期等雨后深翻有利于促进植株氮素积累,拔节期以后效应更明显,若深翻后采用渗水地膜覆盖促进效应延续至开花期仍达到显著水平,若采用液态地膜覆盖可延续至孕穗期。

2.2 休闲期深翻覆盖对植株氮素运转的影响

2.2.1 对开花前植株贮存氮素向籽粒转移的影响 由表3可看出,花前植株中贮存氮素向籽粒中转移率为67.8% ~86.8%,对籽粒氮的贡献率为73.2% ~79.3%。前茬小麦收获后45 d深翻较15 d可提高花前氮素转移量、转移率,可提高液态地膜覆盖和不覆盖条件下花前氮素运转对籽粒氮的贡献率。表明,休闲期等雨后深翻有利于促进花前植株贮存氮素转移,促进籽粒氮的积累。

15 d深翻覆盖可显著提高花前植株中贮存氮素向籽粒中转移量、转移率和贡献率,且以渗水地膜覆盖显著最高;45 d深翻覆盖可显著提高转移量、转移率和渗水地膜覆盖条件下的贡献率,且转移量以渗水地膜覆盖显著最高。可见,休闲期深翻覆盖有利于开花前植株中贮存氮素向籽粒的转移,增加了转移量、转移率及贡献率。

表3 休闲期深翻覆盖对开花前植株中贮存氮素向籽粒中转移的影响

Table 3 Effect of mulch under deep tillage on translocation of stored nitrogen before anthesis from plant to grain

处理时间(d)	覆盖	转移量(kg · hm⁻²)	转移率(%)	贡献率(%)
15	WPM	112.0 a	83.5 a	79.3 a
	LF	92.1 b	78.1 b	76.3 b
	NF	76.9 c	67.8 c	73.2 c
45	WPM	120.9 a	84.6 b	78.2 a
	LF	110.2 b	86.8 a	77.5 ab
	NF	98.2 c	80.5 c	75.8 b

2.2.2 对成熟期氮素在各器官中分配的影响 直至成熟期,植株体内74.2% ~89.5%的氮素已转移到籽粒中,其余氮素残留在叶片、茎秆、颖壳、穗轴中,且以茎秆中最高,其次是颖壳和穗轴(表4)。前茬小麦收获后45 d深翻较15 d可提高籽粒氮积累量及其所占的比例,降低了叶片、茎秆、颖壳+穗轴中氮积累量所占的比例。可见,休闲期等雨后深翻更有利于植株贮存氮素向籽粒中运转。

15 d深翻覆盖显著增加了籽粒氮积累量及其所占的比例,且以渗水地膜覆盖显著最高;显著降低了叶片和茎秆氮积累量及其所占的比例、颖壳+穗轴氮积累量所占的比例,且均以渗水地膜覆盖最低。45 d深翻覆盖显著增加了籽粒氮积累量及其所占的比例,且籽粒氮积累量以渗水地膜显著最高;降低了叶片、茎秆、颖壳+穗轴氮积累量及其所占的比例,且茎秆氮积累量及其所占的比例以渗水地膜覆盖最高,但各处理间差异不显著。说明,休闲期等雨后深翻覆盖可以促进成熟期籽粒氮素积累,降低其

表4 休闲期深翻覆盖对成熟期各器官氮积累量的影响

Table 4 Effect of mulch under deep tillage in fallow period on N distribution in various organs in maturity stage

处理时间(d)	覆盖	叶片		茎秆		颖壳+穗轴		籽粒	
		氮积累量(kg · hm⁻²)	占整株比率(%)	氮积累量(kg · hm⁻²)	占整株比率(%)	氮积累量(kg · hm⁻²)	占整株比率(%)	氮积累量(kg · hm⁻²)	占整株比率(%)
15	WPM	4.0 b	2.5 b	10.4 c	6.4 c	7.7 b	4.7 b	141.3 a	86.5 a
	LF	4.3 b	2.9 b	14.7 b	10.0 b	6.9 b	4.7 b	120.8 b	82.4 b
	NF	5.6 a	4.0 a	22.1 a	15.6 a	8.8 a	6.2 a	105.0 c	74.2 c
45	WPM	4.0 ab	2.2 b	10.8 a	6.1 a	7.3 b	4.1 b	154.6 a	87.5 b
	LF	3.4 b	2.1 b	11.0 a	6.9 a	2.4 c	1.5 c	142.1 b	89.4 a
	NF	4.2 a	2.7 a	12.0 a	7.8 a	7.7 b	5.0 a	129.6 c	84.5 c

表 5　休闲期深翻覆盖对产量和自然降水利用效率的影响
Table 5　Effect of mulch under deep tillage in fallow period on the WUE of rainfall

处理时间(d)	覆盖	处理前土壤蓄水量(mm)	处理至播种降雨量(mm)	生育时期降雨量(mm)	收获期土壤蓄水量(mm)	总耗水量(mm)	产量(kg·hm^{-2})	自然降水利用率(kg·hm^{-2}·mm^{-1})
15	WPM	276.3	401.5	133.2	256.0	554.9	5455.0 a	9.8 a
	LF	274.7	401.5	133.2	263.5	545.9	4846.5 b	8.9 b
	NF	275.7	401.5	133.2	269.2	541.1	4651.5 c	8.6 c
45	WPM	348.9	269.2	133.2	240.8	510.5	5533.1 a	10.8 a
	LF	337.1	269.2	133.2	244.5	495.0	5193.6 b	10.5 b
	NF	321.6	269.2	133.2	248.1	476.0	4961.2 c	10.4 b

总耗水量(mm)= 处理前土壤蓄水量+休闲期降雨量+生育时期降雨量-收获期土壤蓄水量。

他器官中氮素残留,促进其向籽粒运转。

2.3　休闲期深翻覆盖对籽粒产量、耗水量和水分利用率的影响

前茬小麦收获后 45 d 深翻较 15 d 降低了总耗水量,增加了产量和水分利用效率(表 5)。休闲期深翻覆盖增加了总耗水量,可能是由于覆盖有明显的保水增温效应,促进了小麦生长,增加耗水,从而增加了总耗水量,覆盖显著增加了籽粒产量和水分利用效率,且以渗水地膜覆盖显著最高。可见,休闲期等雨深翻覆盖可增加产量,提高水分利用效率,且采用渗水地膜覆盖效果更好。

2.4　休闲期深翻覆盖对氮素利用率的影响

由表 6 可看出,前茬小麦收获后 45 d 深翻较 15 d可提高氮素吸收效率、氮收获指数、氮素生产效率,而降低了氮素利用效率。休闲期深翻覆盖可显著提高氮素吸收效率、氮素生产效率,以渗水地膜覆盖显著最高。休闲期不同时间深翻覆盖对氮素收获指数、氮素利用效率的影响存在差异。15 d 深翻覆盖可提高氮素收获指数、氮素利用效率,以渗水地膜覆盖最高,且氮素收获指数各处理间差异显著,氮素利用效率各处理间差异不显著;45 d 深翻覆盖可显著提高氮素收获指数,但两覆盖处理间差异不显著,渗水地膜覆盖显著降低了氮素利用效率,液态地膜覆盖与不覆盖处理间差异不显著。说明,休闲期等雨后深翻有利于植株氮素吸收,有利于植株氮素向籽粒运转,最终促进籽粒蛋白质形成,且以渗水地膜覆盖效果较好。

表 6　休闲期深翻覆盖对氮素利用率的影响
Table 6　Effect of mulch under deep tillage in fallow period on nitrogen use efficiency in wheat

处理时间(d)	覆盖	氮素吸收效率(kg·kg^{-1})	氮素收获指数(%)	氮素利用效率(kg·kg^{-1})	氮素生产效率(kg·kg^{-1})
15	WPM	1.1 a	0.9 a	33.4 a	36.4 a
	LF	1.0 b	0.8 b	33.1 a	32.3 b
	NF	0.9 c	0.7 c	32.9 a	31.0 c
45	WPM	1.2 a	0.9 a	31.3 b	36.9 a
	LF	1.1 b	0.9 a	32.7 a	34.6 b
	NF	1.0 c	0.8 b	32.3 a	33.1 c

3　讨　论

水分作为影响小麦生长发育的主要因素之一,影响着植株体内生理生化过程,最终以植株各器官生物量的累积、产量的形成体现出来(范雪梅等;2005)。水分对植株氮素吸收运转有较大影响(Bahrani, 2011; 陈星等, 2012; 臧贺藏等, 2012),大量研究表明,在水分逆境下,降低了小麦开花前贮存在叶片、茎秆和叶鞘、颖壳等营养器官中氮素的转运量和转运率,从而减少了籽粒氮积累量和籽粒产量。前人对氮素吸收运转方面的研究较多(Loffler, 1985; 杜金哲等, 2001; 李华等, 2007; 李光等, 2012),认为在不同生育阶段氮积累量及比例不同,且对籽粒氮的贡献率亦有差异,小麦植株中的氮素主要靠开花前的积累,籽粒中氮 2/3 来自花前氮同化,1/3 来自花后氮同化,花前氮运转量对籽粒积累的作用大于花后氮积累量。因此,水分对小麦氮素吸收运转的影响是最终影响产量的重要原因,从而影响水、氮效率。

水分是旱地小麦产量、品质提升的重要限制因子,如何蓄住天上水、保住地上墒一直是旱地小麦生产工作者主要从事的课题之一。目前,前人在耕作保水方面已取得了较大进展,认为合理耕作是提高旱地小麦水分利用率的重要措施(张胜爱等, 2006; 侯贤清等, 2009)。张胜爱等(2006)研究认为,播前深松耕有利于改善土体结构,增加土壤蓄水保墒性能;侯贤清等(2009)研究认为,休闲期翻耕能有效地蓄雨保墒,提高旱平地冬小麦播前的土壤贮水量,显著改善了苗期的土壤水分状况。此外,耕作对旱

地小麦水分运行、氮素吸收利用的研究表明(李友军, 2006; 邱临静等, 2007),适当的耕作栽培模式可以显著提高成熟期地上部分和籽粒的氮积累量,且提高氮素转运量和花后积累量,提高了水肥的利用效率、氮素生产效率,因而可以显著提高小麦产量和效益。本研究表明,休闲期不同时间深翻对水分和氮素吸收运转的影响存在差异,前茬小麦收获后45 d深翻较15 d深翻可提高水分利用效率,可提高各生育时期植株氮积累量和各生育阶段氮吸收速率,可提高花前氮素转移量和转移率,可提高籽粒氮积累量及其所占的比例,最终提高了氮素吸收效率、氮素生产效率。本研究中两次深翻对水、氮的影响主要是由于降雨量差异引起的,两次深翻时间相差1个月,降雨量相差为132.3 mm。说明,土壤中有一定水分之后进行深翻可起到更高的保蓄效果。不同降雨年型之间也存在差异,因此,旱地小麦休闲期深翻的具体时间根据不同降雨年型存在差异,这有待进一步探索。

覆盖也是旱地小麦保墒的重要措施之一。大量研究表明,覆盖可以明显提高有限降水的利用效率(杨建设和信乃诠, 1998; 韩思明等, 2000; 高亚军等, 2005; 李华等, 2007; 任爱霞等, 2011),从而影响植株对氮素的吸收利用(高亚军等, 2005; 李华等, 2007; 邓联峰等, 2011),均认为地膜覆盖可以提高植株对氮素的吸收,促进生长后期茎叶氮素向穗部的转移,转移量占穗吸氮量增加值的86.3%。本研究也有类似结果,旱地小麦休闲期覆盖提高了产量和水分利用效率,可提高各生育时期植株氮积累量、各生育阶段氮吸收速率、花前氮素转移量和转移率、籽粒氮积累量及其所占的比例,最终提高了氮素吸收效率、氮素收获指数、氮素生产效率。此外,本研究结果表明,渗水地膜覆盖较液态地膜有较好的水、氮效应。王鹤龄等(2008)研究表明,地膜覆盖春小麦较露地春小麦可增加其灌浆速率以及提高籽粒产量;徐澜等(2010)、郭秀卿等(2012)研究了渗水地膜覆盖对玉米、谷子等作物的影响,认为渗水地膜具有的微孔效应较普通地膜、秸秆有较好覆盖保水效应。

氮效率是表示植物矿质养分吸收和利用能力的重要指标,不同氮效率有不同的含义和意义。氮肥吸收效率可以反映植株对氮肥吸收能力的高低,氮素利用效率可以反映植株氮素经济系数的高低;氮肥生产效率通常用来比较不同措施条件下氮肥生产能力的差异。本研究表明,旱地小麦休闲期等雨后深翻并采用渗水地膜覆盖可有效的提高氮素吸收效率、氮素生产效率。可见,旱地小麦氮素吸收能力、氮肥生产能力对水分十分敏感,在蓄水保墒的前提下,改变少许施氮量,或许可使旱地小麦产量上升一个新台阶,这一点有待进一步研究。

总之,旱地小麦休闲期等雨后深翻并采用渗水地膜覆盖可起到较好的蓄水保墒效果,从而促进各生育阶段的氮素积累和运转,最终增加籽粒中的氮素,提高了旱地小麦产量、品质,提高水分利用效率、氮素吸收效率、氮素生产效率。本研究立足于“水”,为真正做到“以水调肥”,实现旱地小麦高产、优质、高效提供理论依据。

参考文献

陈 星, 李亚娟, 刘 丽, 等. 2012. 灌溉模式和供氮水平对水稻氮素利用效率的影响. 植物营养与肥料学报, **18**(2): 283-290.

党廷辉, 郭 栋, 戚龙海. 2008. 旱地地膜和秸秆双元覆盖栽培下小麦产量与水分效应. 农业工程学报, **24**(10): 20-24.

邓联峰, 李 青, 孙 敏, 等. 2011. 休闲期覆盖下施氮量对旱地小麦籽粒蛋白质的影响. 山西农业大学(自然科学版), **31**(2): 146-150.

杜金哲, 李文雄, 胡尚连, 等. 2001. 春小麦不同品质类型氮的吸收、转化利用及与籽粒产量和蛋白质含量的关系. 作物学报, **27**(2): 253-260.

樊俊华, 宋晓丽, 等. 2006. 渗水地膜覆盖冬小麦的生态效应研究. 天津农学院学报, **13**(2): 32-35.

范雪梅, 姜 东, 戴廷波, 等. 2005. 花后干旱和渍水下氮素供应对小麦籽粒蛋白质和淀粉积聚关键调控酶活性的影响. 中国农业科学, **38**(6): 32-35.

范雪梅, 姜 东, 戴廷波, 等. 2006. 不同水分条件下氮素供应对小麦植株氮代谢及籽粒蛋白质积累的影响. 生态学杂志, **25**(2): 149-154.

高亚军, 李 云, 李生秀, 等. 2005. 旱地小麦不同栽培条件对土壤硝态氮残留的影响. 生态学报, **25**(11): 109-118.

郭秀卿, 崔福柱, 郝建平, 等. 2012. 渗水地膜覆盖对旱地谷子生育时期及产量的影响. 山西农业大学学报(自然科学版), **32**(2): 107-111.

韩思明, 李 岗, 王虎全. 2000. 旱作小麦不同地膜覆盖对土壤水分及产量的影响. 耕作与栽培, (**6**): 35-37.

侯贤清, 韩清芳, 贾志宽, 等. 2009. 半干旱区夏闲期不同耕作方式对土壤水分及小麦水分利用效率的影响. 干旱地区农业研究, **27**(5): 52-58.

李 光, 高志强, 孙 敏, 等. 2012. 休闲期覆盖和施氮量对旱地小麦幼苗生理特性的影响. 中国农学通报, **28**(3): 47-50.

李 华, 王朝辉, 王西娜, 等. 2007. 不同栽培模式对冬小

麦产量形成及氮素吸收转运的影响. 农业环境科学学报, (1): 369-374.
李　艳, 刘海军. 2012. 不同留茬覆盖模式对土壤蒸发和表层土壤含水量的影响. 干旱地区农业研究, **30**(3): 1-7.
李友军, 黄　明, 吴金芝, 等. 2006. 不同耕作方式对豫西旱区坡耕地水肥利用与流失的影响. 水土保持学报, (2): 42-45.
邱临静, 周春菊, 李生秀, 等. 2007. 不同栽培模式和施肥方法对旱地冬小麦氮素吸收运转的影响. 植物营养与肥料学报, **57**(3): 355-360.
任爱霞, 孙　敏, 赵维峰, 等. 2011. 休闲期施肥覆盖对旱地小麦越冬期幼苗生长的影响. 山西农业大学学报(自然科学版), **31**(4): 349-353.
山　仑, 陈国良. 1993. 黄土高原旱地农业的理论与实践. 北京: 科学出版社.
王鹤龄, 王润元, 牛俊义, 等. 2008. 黄土高原地膜春小麦地上干物质累积与转运规律. 生态学杂志, **27**(1): 28-32.
徐　澜, 安　伟, 郝建平. 2010. 渗水地膜覆盖对旱作玉米生理特性、产量构成因素及产量的影响. 干旱区资源与环境, **24**(8): 180-185.
杨建设, 信乃诠. 1998. 地膜覆盖小麦的生态适宜性及其配套技术研究. 生态农业研究, (4): 52-55.
臧贺藏, 刘云鹏, 曹　莲, 等. 2012. 水氮限量供给下两个高产小麦品种氮素吸收与利用特征. 麦类作物学报, **32**(3): 503-509.
赵俊晔, 于振文. 2006. 高产条件下施氮量对冬小麦氮素吸收分配利用的影响. 作物学报, (4): 484-490.
张胜爱, 马吉利, 崔爱珍, 等. 2006. 不同耕作方式对冬小麦产量及水分利用状况的影响. 中国农学通报, **22**(1): 111-113.
张水清, 钟旭华, 黄农荣, 等. 2010. 稻草覆盖还田对水稻氮素吸收和氮肥利用率的影响. 中国生态农业学报, **18**(3): 611-616.
张永丽, 于振文. 2008. 灌水量对小麦氮素吸收、分配、利用及产量与品质的影响. 作物学报, **34**(5): 870-878.
Bahrani A, Abad HHS, Aynehband A. 2011. Nitrogen remobilization in wheat as influenced by nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling. *African Journal of Biotechnology*, **10**: 10585-10594.
Loffler CM, Rauch TL, Busch RH. 1985. Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Science*, **25**: 521-524.

作者简介　白　冬,男,1989 年生,硕士研究生,主要从事旱作栽培及生理方面的研究。E-mail: baidong19890218@163.com

责任编辑　李凤芹