

旱地休闲期间翻耕及覆盖对小麦 氮素吸收、运转的影响

李光^{1,3},白文斌^{1,3},高志强²,任爱霞²

(1.山西农业科学院高粱研究所,山西 晋中 030600;2.山西农业大学农学院,山西 太谷 030801;

3.高粱遗传与种质创新山西省重点实验室,山西 晋中 030600)

摘要:立足旱地小麦休闲期降水和生育期用水错位问题,连续两年(2009—2011年)在山西闻喜旱地小麦试验基地进行休闲期耕作和覆盖试验,研究不同时间深翻和不同覆盖方式的蓄保水分效果及水分与小麦植株氮素吸收运转的关系。结果表明:休闲期深翻(即麦收后45 d或15 d深翻),渗水地膜覆盖和液态地膜覆盖较不覆盖可提高播前0~300 cm土壤蓄水量,可提高旱地小麦各生育阶段,尤其前中期氮素积累量,且麦收后45 d深翻后渗水地膜覆盖效果较好;休闲期深翻,渗水地膜和液态地膜覆盖较不覆盖可提高开花期各器官氮素积累量,尤其是麦收后45 d深翻后渗水地膜覆盖处理。渗水地膜条件下,麦收后45 d较15 d深翻可提高开花期叶片和茎秆氮素积累量,可显著提高颖壳+穗轴氮素积累量,可显著提高开花期各器官氮素对籽粒的贡献率,尤其是叶片和茎秆,从而显著提高籽粒氮积累量、成熟期氮素积累量和籽粒产量,且除开花期各器官氮素对籽粒贡献率外,渗水地膜覆盖较液态地膜覆盖效果好,籽粒氮素积累量达17%,籽粒产量达13%。两年相关分析表明,休闲期深翻渗水地膜覆盖或液态地膜覆盖,降水较少年份的旱地小麦播前3 m土壤水分与花前氮素运转关系密切,而降水较多年份与花前氮素运转关系及花后氮素积累关系均较为密切,且与花后氮素更密切。研究表明,休闲期深翻(即麦收后45 d深翻)后采用渗水地膜覆盖,有利于旱地麦田蓄积休闲期降水,提高播前3 m各土层底墒;有利于小麦各生育阶段氮素吸收积累,尤其前中期;有利于花前氮素向籽粒中运转,尤其叶片和茎秆;有利于籽粒中氮素积累和籽粒产量的提高。

关键词:旱地小麦;休闲期;深翻;覆盖;氮素;吸收;运转

中图分类号:S512.1 文献标志码:A

Effect of deep tillage and mulching on wheat nitrogen uptake and translocation during fallow period in dryland

LI Guang^{1,3}, BAI Wen-bin^{1,3}, GAO Zhi-qiang², REN Ai-xia²

(1. Sorghum Research Institute of Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong, Shanxi 030600, China;

2. College of Agriculture, Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China;

3. Sorghum Genetic and Germplasm Innovation in Shanxi Province, Jinzhong, Shanxi 030600, China)

Abstract: Due to the imbalance of precipitation during fallow period and high demanding of water during wheat growth period in dryland, we investigated the effect of soil water storage and the relationship between water and nitrogen uptake and translocation in wheat crop for two consecutive years (2009–2011) at Wenxi Dryland Wheat Experimental Station of Shanxi. The study was conducted in the way that deep tillage and different mulching were carried out at various times during the fallow period. The results showed that after deep tillage in fallow period (45 days or 15 days after wheat harvest), permeable plastic mulching (WPM) and liquid mulching (LF) improved the soil water storage in 0~300 cm soil layer before seeding compared to the no mulching (NF) treatment and promoted the accumulated N in various growing stages of wheat in dryland, especially in the earlier stages and deep tillage after 45 days of wheat harvest. After deep tillage in fallow period, WPM and LF improved N accumula-

收稿日期:2017-10-16

修回日期:2018-03-10

基金项目:山西省主要农作物种质创新与分子育种重点科技创新平台(201605D151002);山西省晋中市科技成果转化与应用计划(T171004)

作者简介:李光(1986-),男,山西榆次人,硕士,主要从事高粱栽培及生理方面的研究。E-mail: hebe16@yeah.net

通讯作者:白文斌(1983-),男,山西潞城人,硕士,主要从事高粱体系发展的研究。E-mail: baiwenbin1983@126.com

tion in every organ at all stages, and 45 day deep tillage was more significant than other one. Under WPM, the amounts of accumulated N in leaf and stem at flowering stage was improved esp. in glume and cob. The 45 day deep tillage significantly improved the N contribution rate of each organ to grain in the flowering period, especially that of leaf and stem. Therefore, the accumulation of N in seed, N accumulation, and grain yield in mature stage were significantly improved. Additionally, the permeable film mulching was better than liquid mulching with increases of 17% N accumulation in grain and 13% grain yield. The correlation analysis showed that the soil moisture of 3 meters before seeding closely related to N translocation before flowering in years of less precipitation in dryland with all treatments. However, in the years of more precipitation, it was not only closely related to the translocation of N before flowering, but also close relationship with the N accumulation after flowering, esp. after flowering. When there was more precipitation, the stored water with deep tillage and mulching during fallow period extended to the later stage of fertility. In short, under this experiment condition, 45 day deep tillage and liquid mulching in fallow period were conducive to the fallow period precipitation of dryland wheat and enhanced soil moisture storage of every soil layer above 3 m before seeding. As a result, it was beneficial to N uptake and accumulation of wheat at every growth stage, especially in the earlier stages that improved the N translocation before flowering from other organs to grain, particularly from leaves and stem to grain. Thus, it benefited grain N accumulation and grain yield improvement.

Keywords: dry-land wheat; fallow period; deep tillage; mulching; nitrogen; uptake; translocation

山西省旱地小麦面积较大,占全省 60%以上,该区属于黄土高原半干旱半湿润地区,无灌溉条件,夏季多雨但无效蒸发量大,冬春干旱多风,年降雨量少,与冬小麦生长需水时期错位,因此,水分成为限制其产量提高的主要因素。通过在多雨的夏季进行蓄水保墒以增加土壤水分是前人一直在研究的课题。Plaza 等^[1]研究表明,耕作能有效改善土壤物理结构,使土壤收纳雨水的能力提高;Zhao 等^[2]研究表明,夏季采用深翻较对照可提高土壤播前底墒(达 17%),从而提高产量(达 28%)。夏季深翻提高了土壤蓄水能力,将雨水保存在土壤中。有研究表明,地表覆盖不仅能降低土壤表面水分无效蒸发,而且能增加对降水的拦储和促进水分向土壤下层入渗^[3],在北方旱作农业区被广泛应用^[4]。刘爽等^[5]研究表明,夏闲期耕作后进行秸秆覆盖可提高播前土壤含水量 1%,产量 11%;杨海迪等^[6]研究表明,夏季采用地膜覆盖可提高旱地麦田播前 0~200 cm 土壤蓄水量达 7~123 mm,蓄水保墒率达 34%以上。

植株氮素的吸收运转与土壤水分的多少密切相关^[7]。臧贺藏等^[8]研究表明,高水分处理可提高水地小麦花后氮素积累量和分配比例,但向籽粒转运率和贡献率降低。Abahrani 等^[9]研究表明,缺水与充足水分相比,水地小麦花前营养器官贮存的氮素较多,向籽粒中转运也较高。可见,前人研究多集中于水地麦田,对旱作麦区蓄水保墒基础上的植株氮素吸收运转报道较少。因此,本研究在休闲期

深翻后采用不同方式覆盖,分析蓄水保墒效果、氮素吸收运转能力、产量水平,明确蓄水保墒的时间和方式,为旱地小麦高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009—2011 年在山西农业大学闻喜试验示范基地进行,试验地为一年一作麦田,无灌溉条件,于 2010 年 6 月测定土壤肥力:有机质 8.65 g · kg⁻¹,全氮 0.74 g · kg⁻¹,碱解氮 32.93 mg · kg⁻¹,速效磷 20.8 mg · kg⁻¹。

表 1 为试验点 2009—2011 年降水情况,60%的降雨量集中于休闲期 7、8、9 月,2009—2010 年度降雨量较往年(2005—2009 年)平均年降雨量低 26%,属于欠水年;2010—2011 年度降雨量较往年(2005—2009 年)平均年降雨量高 26%,属于丰水年。

供试品种为运旱 20410,试验采用二因素裂区设计,主区为休闲期深翻时间,设麦收后 15 d(7 月 1 日)、麦收后 45 d(8 月 1 日)2 个水平;副区为覆盖方式,设渗水地膜覆盖(WPM)、液态地膜覆盖(LF)、不覆盖(NF)3 个水平,共 2×3=6 个处理,重复 3 次,小区面积 30 m×3 m=90 m²。前茬小麦收获时留高茬(茬高 20~30 cm),休闲期深翻前撒施生物有机肥 1 500 kg · hm⁻²,深翻(深度为 25~30 cm),将麦茬秸秆、有机肥全部翻埋于土壤中,耙平后用渗水地膜(聚乙烯塑料地膜,山西省农业科学院

表1 闻喜试验点降雨量/mm

Table 1 Precipitation at the experimental site in Wenxi

年份 Year	休闲期 Fallow period	播种~越冬 Sowing~prewintering	越冬~拔节 Prewintering~elongation	拔节~开花 Elongation~anthesis	开花~成熟 Anthesis~mature	总计 Total
2005—2009 平均 2005—2009 Mean	241.20±34.07	42.5±15.05	41.23±8.43	34.10±10.8	64.08±20.75	423.11±17.82
2009—2010	173.10	64.50	12.60	33.90	50.90	335.00
2010—2011	401.50	27.10	19.10	22.20	64.80	534.70

注:数据来源于山西省闻喜县气象站。休闲期;7月上旬至9月下旬;播种~越冬;10月上旬至11月下旬;越冬~拔节;12月上旬至3月下旬;拔节~开花;4月上旬至4月下旬;开花~成熟;5月上旬至6月中旬

Note: data source: Meteorological Observation of Wenxi County, Shanxi Province, China. Fallow period: from the early July to the late Sep.; sowing~prewintering: from the early Oct. to the late Nov.; prewintering~elongation: from the early Dec. to the late Mar. in the following year; elongation~anthesis: from the early Apr. to the late Apr.; anthesis~mature: from the early May to the middle Jun.. .

研制,具有微通透结构,能渗水、透气,厚度为0.008 mm,用法同普通地膜)将地面全部覆盖。基施氮、磷、钾肥,纯氮150 kg·hm⁻²,P₂O₅ 150 kg·hm⁻²,K₂O 150 kg·hm⁻²,9月29日播种,基本苗225×10⁴株·hm⁻²,行距20 cm,机械条播。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤蓄水量的测定 于小麦播前用土钻取0~300 cm(每20 cm为一土层)土样,采用烘干法测定土壤蓄水量。

1.2.2 植株干物质量及含氮率的测定 于越冬期、拔节期、孕穗期、开花期、成熟期分别取小麦地上部分植株20株,将开花期植株分为叶片、茎秆、颖壳+穗轴3部分,成熟期植株分为叶片、茎秆、颖壳+穗轴、籽粒4部分,于105℃杀青30 min,70℃烘至恒重,测定干物质重量。烘干后磨碎,用H₂SO₄-H₂O₂-靛酚蓝比色法测定含氮量^[10]。

1.3 数据分析方法

土壤蓄水量计算方法^[11]:

$$W_i = h_i \times \rho_i \times \omega_i \times 10$$

式中,W为土壤蓄水量(mm);h为土层深度(cm);ρ为土壤容重(g·cm⁻³);ω为土壤含水量(%);i为土层,10为换算系数。

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%

试验数据用Microsoft Excel处理,采用DPS,SAS 9.0软件进行分析、计算、绘图与统计分析。

2 结果与分析

2.1 休闲期深翻覆盖对播前0~300 cm土层土壤蓄水量的影响

随土层深度的增加,旱地小麦3 m土层土壤蓄水量呈“高-低-高”的变化趋势,2009—2010年100~180 cm土层最低,2010—2011年120~200 cm土层最低。两试验年休闲期降雨量分别为173.1、401.5 mm,2010年较2009年高228.4 mm,可见,干土层下移且范围缩小(图1)。麦收后45 d较15 d深翻后覆盖提高播前0~300 cm土壤蓄水量,渗水地膜覆盖除260、300 cm外其余各土层与不覆盖差异显著,液态地膜覆盖80~180 cm各土层与不覆盖差异显著,且渗水地膜高于液态地膜。可见,休闲期深翻后采用渗水地膜覆盖有利于改善播前底墒。

2.2 休闲期深翻覆盖对植株氮素吸收的影响

各生育阶段植株氮素积累量表现为拔节~开花最高,出苗~拔节居中,开花~成熟最低(表2)。麦收后45 d较15 d深翻后覆盖可提高旱地小麦各生育阶段氮素积累量,且出苗~拔节、拔节~开花处理间差异显著。麦收后45 d较15 d深翻后覆盖显著提高成熟期氮素积累量,且渗水地膜显著高于液态地膜。麦收后15 d深翻后覆盖,各生育阶段氮素积累量以渗水地膜最高,出苗~拔节、开花~成熟不覆盖最低,且与渗水地膜处理间差异显著;麦收后45 d深翻后覆盖,各生育阶段氮素积累量均以渗水地膜最高,液态地膜居中,不覆盖最低。可见,麦收后45 d深翻后采用渗水地膜覆盖有利于旱地小麦各生育阶段氮素的吸收,从而提高总氮素积累量。

2.3 休闲期深翻覆盖对植株氮素运转的影响

2.3.1 开花期植株各器官氮素积累量及其对籽粒贡献率 麦收后45 d较15 d深翻后覆盖可提高渗水地膜和不覆盖条件下开花期叶片和茎秆氮素积累

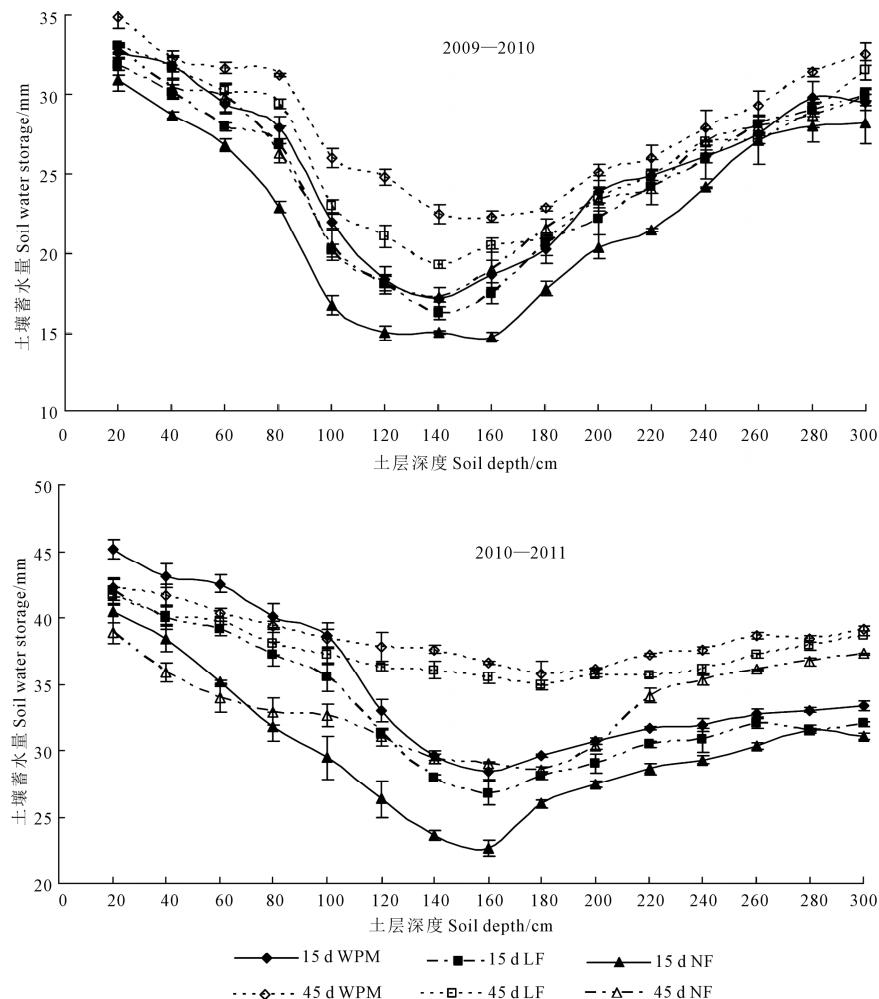


图1 休闲期覆盖对播前土壤蓄水量的影响

Fig.1 Effect of different mulching in the fallow period on soil water storage before sowing

表2 休闲期深翻覆盖对各生育阶段植株氮素积累量的影响/(kg·hm⁻²)(2010-2011)

Table 2 Effect of deep tillage and mulching in fallow period on N accumulation in plant at different growth stages

处理时间	覆盖方式	出苗~拔节	拔节~开花	开花~成熟	总氮素积累量
Treatment time	Mulching	Emergence stage~Jointing stage	Jointing stage~Anthesis stage	Anthesis stage~Mature stage	Total N accumulation
麦收后 15 d 15 days after harvest	WPM	45.86b	88.30a	29.22a	163.38b
	LF	39.36d	78.63b	28.64ab	146.63e
	NF	31.59e	81.83b	28.09ab	141.51f
麦收后 45 d 45 days after harvest	WPM	49.36a	93.57a	33.74a	176.67a
	LF	41.83c	85.13b	31.90ab	158.86c
	NF	39.56d	82.43b	31.41ab	153.4d

注:WPM-渗水地膜覆盖;LF-液态地膜覆盖;NF-不覆盖。不同字母表示同一列在P<0.05水平差异显著。下同。

Note: WPM-permeable plastic mulching; LF-liquid mulching; NF-no mulching. Different letters in each column indicate significant difference between treatments ($P<0.05$). The same below.

量,显著提高颖壳+穗轴氮素积累量(表3)。无论麦收后15 d还是45 d深翻,开花期各器官氮素积累量以渗水地膜最高,叶片和茎秆均以不覆盖最低,颖壳+穗轴以液态地膜最低,差异均达显著水平。可见,麦收后45 d深翻后采用渗水地膜覆盖有利于开花期各器官氮素吸收。

麦收后45 d较15 d深翻后覆盖可显著提高颖壳+穗轴中氮素对籽粒的贡献。无论麦收后15 d还

是45 d深翻,叶片和茎秆中氮素对籽粒的贡献均以渗水地膜和液态地膜较高,且与不覆盖处理间差异显著。可见,麦收后45 d深翻后覆盖可提高开花期各器官中氮素对籽粒的贡献率,尤其是叶片和茎秆。

2.3.2 花前氮运转量和花后氮积累量及其对籽粒贡献率 如表4所示,麦收后45 d较15 d深翻后覆盖可显著提高籽粒氮素积累量,且渗水地膜显著高于液态地膜,达17%;可提高籽粒产量,且渗水地膜

显著高于液态地膜,达13%。麦收后45 d较15 d深翻后覆盖可显著提高花前氮素运转量和花后氮素积累量,且渗水地膜显著高于液态地膜。花前运转氮对籽粒的贡献率和花后积累氮对籽粒的贡献率表现为麦收后45 d和15 d深翻后覆盖变化不大,但采用渗水地膜覆盖方式有利于提高花前运转氮对籽粒的贡献,采用液态地膜覆盖方式有利于花后积累氮对籽粒的贡献,但差异均不显著。可见,麦收后45 d渗水地膜覆盖有利于花前氮素运转和花后氮素积累,从而提高籽粒氮素积累和产量。

2.4 土壤水分与氮素吸收运转和产量的相关性分析

2009—2010年,播前3 m土壤蓄水量与花前氮素运转量、籽粒氮素积累量和籽粒产量呈极显著正相关性,但与花后氮素积累量无显著相关性;2010—2011年,播前80~300 cm土壤蓄水量与花前氮素运转量呈显著或极显著正相关,播前3 m土壤蓄水量与花后氮素积累量、籽粒氮素积累量和籽粒产量呈显著或极显著正相关性,且与花后氮素积累量相关性更大(表5)。可见,播前3 m土壤水分在降水较少年份主要影响花前氮素运转量,而降水较多年份对花前和花后氮素均有影响,从而影响籽粒氮素和产量。

3 讨论与结论

旱地冬小麦在我国小麦生产中占有十分重要

的地位,北方旱区休闲期土壤蓄墒率为20%~40%,平均约为30%,即休闲期70%的降水被白白蒸发掉。因此,充分开发利用休闲期降水是提高旱地生产潜力的主要方向^[12]。农田覆盖具有降低土面蒸腾和保持土壤水分的作用^[2],地膜覆盖能增加对降水的拦截,促进水分下渗^[13]。Chen等^[14]和廖允成等^[15]研究表明,旱地麦田休闲期采用地膜+秸秆覆盖能显著提高休闲期降雨蓄保能力,多蓄水108 mm,底墒提高。杨海迪等^[6]研究表明,休闲期采用地膜覆盖可提高蓄水效率,且休闲期降水越多播前土壤水分越多。本研究中,休闲期45 d采用深翻并进行渗水覆盖,蓄水保墒效果较好,主要由于休闲期45 d大约是伏天开始,雨水会增多,采用深翻打破犁底层,使雨水及时下渗,同时渗水地膜覆盖将下渗的雨水保在土壤中,因此提高了底墒,且2010—2011年度为降水较多年份(401.5 mm),底墒较高,这与前人研究结果一致。

有研究发现,地膜覆盖农田不需要施用氮肥,就可满足作物对氮素的需求^[16];在水分逆境下,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再转运量和再转运率以及开花前贮存氮素的总转运量和总转运率降低,从而减少了籽粒氮素积累量和籽粒产量^[17],改善土壤水分状况可促进氮素自营养器官向籽粒的转移,增加总氮素产量

表3 休闲期深翻覆盖开花期植株各器官氮素积累量及其贡献率(2010—2011)
Table 3 Effect of deep tillage and mulching in the fallow period on N accumulation and contribution to grain from various organs at anthesis

处理时间 Treatment time	覆盖方式 Mulching	氮素积累量 N accumulation amount/(kg·hm ⁻²)			贡献率 N Contribution/%		
		叶片+叶鞘 Leaf+sheath	茎秆 Stem	颖壳+穗轴 Glume+spike	叶片+叶鞘 Leaf+sheath	茎秆 Stem	颖壳+穗轴 Glume+spike
麦收后15 d 15 days after harvest	WPM LF NF	35.66a 33.49b 26.70d	78.58a 74.04b 66.86c	19.92c 10.47d 19.85c	22.40a 24.17a 20.10b	48.26a 49.17a 42.61b	8.66c 2.96d 10.51b
麦收后45 d 45 days after harvest	WPM LF NF	36.10a 32.09b 28.64c	79.87a 74.01b 67.88c	26.96a 20.86c 25.48b	20.78a 20.20a 18.86b	44.69a 44.36a 43.16b	12.72a 12.98a 13.75a

表4 休闲期深翻覆盖对籽粒氮素积累量和氮素贡献率的影响(2010—2011)
Table 4 Effect of deep tillage and mulching in fallow period on grain N accumulation and N contribution

处理时间 Treatment time	覆盖方式 Mulching	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	籽粒氮素积累量 Grain N accumulation /(kg·hm ⁻²)	花前氮素 运转量 NTBA /(kg·hm ⁻²)	花前运转氮贡献率 Contribution of NTBA to N in grains/%	花后氮素 积累量 NAAA /(kg·hm ⁻²)	花后积累氮贡献率 Contribution of NAAA to N in grains/%
麦收后15 d 15 days after harvest	WPM	5455a	141.26b	112.04b	79.32a	29.22c	20.68c
	LF	4847bc	120.79d	92.14d	76.29b	28.64d	23.71b
	NF	4652c	104.95e	76.86e	73.23c	28.09d	26.77a
麦收后45 d 45 days after harvest	WPM	5533a	154.62a	120.89a	78.18a	33.73a	21.82c
	LF	5194b	142.1b	110.19b	77.55ab	31.90b	22.45bc
	NF	4961b	129.59c	98.18c	75.77b	31.40b	24.23ab

注:NTBA—translocation amount of accumulated N prior to anthesis from vegetative organs to grains after anthesis; NAAA—nitrogen accumulation amount after anthesis. 下同。The same below.

表5 播前土壤蓄水量与花前氮素运转、花后氮素积累、籽粒氮素和籽粒产量的相关性
Table 5 The correlation between soil water storage and NTBA, NAAA, grain nitrogen accumulation, and grain yield

土层深度/cm Soil depth	2009—2010				2010—2011			
	花前氮素 运转量 NTBA	花后氮素 积累量 NAAA	籽粒氮素 积累量 Grain N accumulation	籽粒产量 Grain yield	花前氮素 运转量 NTBA	花后氮素 积累量 NAAA	籽粒氮素 积累量 Grain N accumulation	籽粒产量 Grain yield
0~60	0.974 **	0.694	0.967 **	0.972 **	0.616	0.892 **	0.988 **	0.910 **
80~120	0.979 **	0.662	0.969 **	0.923 **	0.938 **	0.867 *	0.955 **	0.864 *
140~180	0.943 **	0.543	0.925 **	0.895 **	0.886 **	0.942 **	0.933 **	0.806 *
200~300	0.970 **	0.646	0.959 **	0.910 **	0.808 *	0.861 *	0.948 **	0.857 *

注: * 表示在 0.05 水平上显著相关, ** 表示在 0.01 水平上显著相关。

Note: * show significant correlation at 0.05 level, ** show significant correlation at 0.01 level.

和生物产量^[18-19]。也有研究表明,花后干旱降低了小麦营养器官开花前贮存氮素向籽粒的转移率和转移量,降低了籽粒氮素积累量^[20]。本研究表明,休闲期 45 d 深翻覆盖促进了旱地小麦各生育阶段氮素吸收积累,促进了开花期叶片和茎秆向籽粒中运转,从而提高籽粒氮素积累和产量,且渗水地膜覆盖效果较好。主要原因是深翻覆盖后改善了播前底墒,且土壤水分可应用至小麦生育后期,从而促进氮素吸收及运转,这与白冬等^[21]的研究结果一致。

本研究相关分析表明,降水较少年份采用蓄保措施后播前土壤水分影响花前氮素运转,降水较多年份采用蓄保措施后播前土壤水分既影响花前氮素运转又影响花后氮素积累。说明休闲期采用深翻覆盖,在休闲期降雨量大的前提下,其贮存的深层土壤水分能直接利用到小麦的生育后期,休闲期提前深翻+深施有机肥+覆盖可达到“伏雨春夏用”。在旱作麦区研究土壤水分与植株氮素吸收运转关系的较少,本研究下一步还需从周年水分运用与氮素吸收运转关系的角度出发,充实研究结论。

总之,在本试验条件下,麦收后 45 d 深翻后采用渗水地膜覆盖方式,最有利于降水的蓄积和保存,有利于植株氮素的吸收和运转,从而提高籽粒氮素积累量和产量。

参 考 文 献:

- Plaza B, Cantero M C, Vinas P, et al. Soil aggregation and organic carbon protection in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions[J]. Geodema, 2013, 193-194(113): 76-82.
- Zhao W F, Gao Z Q, Sun M, et al. Effect of tillage during fallow period on soil water and wheat yield of dryland[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013, 11(1): 609-613.
- 张秋英, 李发东, 欧国强, 等. 土壤水对降水和地表覆盖的响应[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5): 37-41.
- Li F M, Guo A H, Wei H. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat[J]. Field crops research, 1999, 63(1): 79-86.
- 刘爽, 武雪萍, 吴会军, 等. 休闲期不同耕作方式对洛阳冬小麦农田土壤水分的影响[J]. 中国农业气象, 2007, 28(3): 292-295.
- 杨海迪, 海江波, 贾志宽, 等. 不同地膜周年覆盖对冬小麦土壤水分
- 和利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 27-34.
- 孙永健, 孙园园, 李旭毅, 等. 水氮互作对水稻氮磷钾吸收、转运及分配的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(4): 655-664.
- 臧贺藏, 刘云鹏, 曹莲, 等. 水氮限量供给下两个高产小麦品种氮素吸收与利用特征[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(3): 503-509.
- Abahrani, Hhs A, Aaynehband. Nitrogen remobilization in wheat as influenced by nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling [J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10 (52): 10585-10594.
- 赵俊晔, 于振文. 高产条件下施氮量对冬小麦氮素吸收分配利用的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(4): 484-490.
- 侯贤清, 王维, 韩清芳, 等. 夏休闲期轮耕对小麦田土壤水分及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2524-2532.
- Li J, Wang L X, Jiang J. Agro-climate resources in summer fallow period in northwest loess plateau and its evaluation[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1992, 10(4): 9-14.
- 赵聚宝, 李克煌. 干旱与农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 254-332.
- Chen Y L, Liu T, Tian X H, et al. Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in loess plateau[J]. Field Crops Research, 2015, 172: 53-58.
- 廖允成, 温晓霞, 韩思明, 等. 黄土台原旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 548-552.
- Ruppel S, Makswiat E. Effects of black plastic mulch on nitrogen balance in cultivation of plckles[J]. Gartenbauwissenschaft, 1996, 61(5): 230-237.
- Fan X M, Dai T B, Jiang D, et al. Effects of nitrogen rates on carbon and nitrogen assimilate translocation in wheat grown under drought and waterlogging from anthesis to maturity[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2004, 18(6): 63-67.
- Xu Z Z, Yu Z W, Wang D, et al. Nitrogen accumulation and translocation for winter wheat under different irrigation regimes[J]. Journal of Agronomy & Crop Science, 2006, 191(6): 439-449.
- Zhao G C, He Z H, Liu L H, et al. Study on the co-enhancing regulating effect of fertilization and watering on the main quality and yield in zhongyou 9507 high gluten wheat[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(3): 351-356.
- Ma X M, Li L, Zhao P, et al. Effect of water control on activities of nitrogen assimilation enzymes and grain quality in winter wheat[J]. Acta Phytocecol Sin, 2005, 29(1): 48-53.
- 白冬, 高志强, 孙敏, 等. 休闲期深翻覆盖对旱地小麦水氮利用效率和产量的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(6): 1497-1503.