



УДК 631.58:633.11:528.835

**С.В. Железова, И.Ф. Шамбинго,
А.В. Мельников, Е.В. Березовский**
S.V. Zhelezova, I.F. Chambingo,
A.V. Melnikov, Ye.V. Berezovskiy

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦЕНТРА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

WINTER WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY UNDER DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES IN A FIELD TRIAL AT THE SCIENTIFIC CENTER OF PRECISION AGRICULTURE

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, карта урожайности, содержание белка в зерне, традиционное земледелие, точное земледелие, вспашка, прямой посев, азотные подкормки, листовая диагностика, оптические датчики, N-tester, Greenseeker, индекс NDVI.

В полевом эксперименте в течение двух вегетационных сезонов проведено сравнение разных способов возделывания озимой пшеницы: по вспашке и нулевой обработке, технологии точного и традиционного земледелия, с применением и без применения азотных подкормок. Проводился мониторинг состояния посевов с использованием оптических датчиков N-tester и GreenSeeker. Наиболее существенное влияние на урожайность и качество зерна оказывают азотные подкормки. При применении первой азотной подкормки (N – 70 кг/га) в фазу кущения урожайность повышается в среднем на 21-23%; при применении второй азотной подкормки (N – 70 кг/га) в фазу колошения содержание белка в зерне увеличивается на 35-38%. При сравнении влияния точной и традиционной технологий возделывания на урожайность и качество зерна существенных различий между технологиями не выявлено. При сравнении двух способов обработки почвы – вспашка и нулевая обработка – выявлено значимое повышение урожайности пшеницы на 7% на варианте вспашка в 2013 г., в 2012 г. существенных различий по урожайности между этими вариантами не выявлено.

Keywords: winter wheat, crop yield, crop yield map, kernel protein content, conventional agriculture, precision agriculture, tillage, direct seeding, nitrogen top-dressing, leaf diagnosis, optical sensors, N-tester, GreenSeeker sensor, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Winter wheat cultivation technologies were compared during two seasons: tillage and no-till cultivation, precision and conventional technologies, with and without nitrogen top-dressing. Optical sensors N-tester and GreenSeeker RT200 were used to monitor the crops condition. Nitrogen top-dressing rendered the greatest effect on the crop yield and grain quality. The yield of winter wheat under different cultivation technologies was equal, but top-dressing increases grain yield and protein content considerable. The first top-dressing (N-70 kg ha) at tillering increased the yield by 21-23%. The second top-dressing (N-70 kg ha) at ear formation increased kernel protein content by 35-38%. No significant difference between the technologies was revealed by the comparison of the effect of precision agriculture and conventional technology on the crop yield and grain quality. The comparison of tillage and no-till techniques revealed the following: a significant wheat yield increase in the tillage system (by 7%) as opposed to no-till in 2013; there was no significant difference between the two in 2012.

Железова Софья Владиславовна, к.б.н., с.н.с., Научный центр точного земледелия, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; н.с. каф. физики и мелиорации почв, фак-т почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. E-mail: soferrum@mail.ru.

Zhelezova Sofya Vladislavovna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Scientific Center of Precision Agriculture, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; Staff Scientist, Soil Physics and Reclamation Dept., Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University. E-mail: soferrum@mail.ru.

Шамбинго Изабель Фелизардо, магистр, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: belachambingo@yahoo.com.br.

Мельников Андрей Валерьевич, к.с.-х.н., ст. агроном, Научный центр точного земледелия, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: diatrima@list.ru.

Березовский Егор Валерьевич, к.с.-х.н., зав. полевой опытной станцией, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: pole-st@timacad.ru.

Chambingo Isabel Felizardo, Master, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: belachambingo@yahoo.com.br.

Melnikov Andrey Valeryevich, Cand. Agr. Sci., Senior Agronomist, Scientific Center of Precision Agriculture, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: diatrima@list.ru.

Berezovskiy Yegor Valeryevich, Cand. Agr. Sci., Head, Field Experimental Station, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: pole-st@timacad.ru.

Введение

В настоящее время современная техника для точного земледелия от машинно-тракторных агрегатов с автопилотированием до азотных датчиков и комбайнов с системой картирования урожайности становится в России все более доступной [1-3]. Однако, несмотря на явный технический прогресс в земледелии, на сегодняшний день ощущается нехватка разработанных готовых технологий точного земледелия для отечественных сортов и разных условий производства зерна в России. Одним из аспектов получения высоких урожаев озимой пшеницы и высокого качества зерна является применение азотных подкормок [4]. В концепции точного земледелия азотные подкормки вносятся по потребностям растений [4, 5], что контролируется с применением дистанционных и контактных оптических датчиков [6-8].

Цель и задачи работы: в полевом эксперименте сравнить влияние разных систем возделывания озимой пшеницы на интенсивность роста, урожайность и качество зерна; в течение вегетации проводить мониторинг состояния посевов современными инструментальными методами для своевременного проведения азотных подкормок и контроля их эффективности.

Объекты и методы

Исследования проводились в течение двух вегетационных сезонов (2012, 2013 гг.) в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ). Изучали урожайность и качество зерна озимой пшеницы (линии Л-1 и Л-15) при возделывании по разным технологиям. В многофакторном полевом эксперименте сравнивали выращивание пшеницы с азотными подкормками и без подкормок по двум способам обработки почвы (нулевая и отвальная) и двум технологиям возделывания (традиционная и точная). С апреля по июль проводилась листовая диагностика посевов с помощью оптических датчиков: еженедельно датчиками N-tester® Yara и GreenSeeker® RT200, два раза за сезон датчиком N-sensor ALS® Yara (одновременно с прове-

дением азотной подкормки по технологии он-лайн). По результатам дробного учета построены карты урожайности (по 184 учетные площадки на каждом поле). Определение содержания белка в зерне проведено на приборе «Спектран» (по 100 образцов с поля). Построены карты содержания белка в зерне.

Результаты и обсуждение

В течение вегетации потребность растений в легкодоступном азоте изменяется в зависимости от его наличия в почве и от фазы развития посева. Листовая диагностика пшеницы датчиком N-tester позволяет определять потребность растений в азотных подкормках в разные фазы развития и оперативно выбирать соответствующую потребностям дозу (рис. 1). Работа с азотным датчиком N-tester подразумевает оценку интенсивности зеленого цвета путем измерения светопоглощения флажковым листом растений [6]. Для получения одного показателя с прибора N-tester усредняется несколько (30-32) замеров с индивидуальных растений. И хотя для каждой из технологий для каждого срока наблюдений измерения прибором были проведены нами в 16-32-кратной повторности, эти измерения являются точечными и не могут полноценно охарактеризовать пространственное варьирование биомассы посева на поле, что требуется в точном земледелии для проведения подкормок по технологии он-лайн.

Прибор GreenSeeker® RT200 используется для оценки пространственного варьирования состояния посевов по индексу NDVI. Это может быть использовано для проведения подкормки в режиме реального времени, т.е. во время движения трактора по полю [1, 7, 8]. Во время обследования прибором GreenSeeker оцениваются не отдельно взятые растения, как в случае работы с прибором N-tester, а некая пробная площадь (полоса посева, делянка, поле). В течение вегетационного сезона обследование поля оптическими датчиками проводится неоднократно, что позволяет наблюдать развитие посева в динамике и контролировать азотное питание растений.

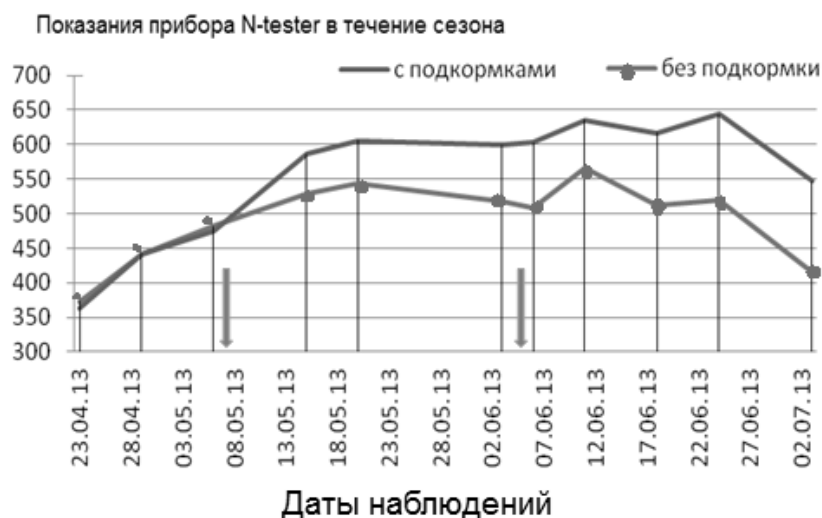


Рис. 1. Изменение азотного статуса озимой пшеницы по показаниям прибора N-tester в опыте ЦТЗ в 2013 г. Стрелками показаны даты проведения подкормок: 7 мая и 3 июня

По карте пространственного распределения индекса NDVI на опытном поле ЦТЗ (рис. 2 а) видно, что развитие биомассы посевов зависит от применения азотной подкормки. На контрольных полосах без подкормки значение индекса NDVI составляет 0,48-0,70, на полосах с подкормкой – 0,71-0,84. По карте урожайности и по карте содержания белка в зерне (рис. 2 б) эти полосы также заметно выделяются.

По результатам дробного учета на опытном поле были определены среднее значение и варьирование урожайности озимой пшеницы для каждой изучаемой технологии возделывания. Данные по урожайности пшеницы в опыте ЦТЗ за 2013 г. приведены на рисунке 3.

Применение первой подкормки в дозе 70 кг/га в фазу весеннего отрастания позволило повысить урожайность пшеницы в среднем на 1 т/га независимо от технологии внесения подкормки и технологии обработки почвы (классическая вспашка или нулевая обработка). На варианте технологии точного земледелия подкормка внесена в дифференцированной дозе в режиме он-лайн на основе карты биомассы; на варианте технологии традиционного земледелия – сплошным фоном независимо от биомассы посевов. Урожайность пшеницы на вариантах точного и традиционного земледелия различалась несущественно. Применение второй подкормки в дозе ЕС-51) значительно повышает содержание белка в зерне (табл.).

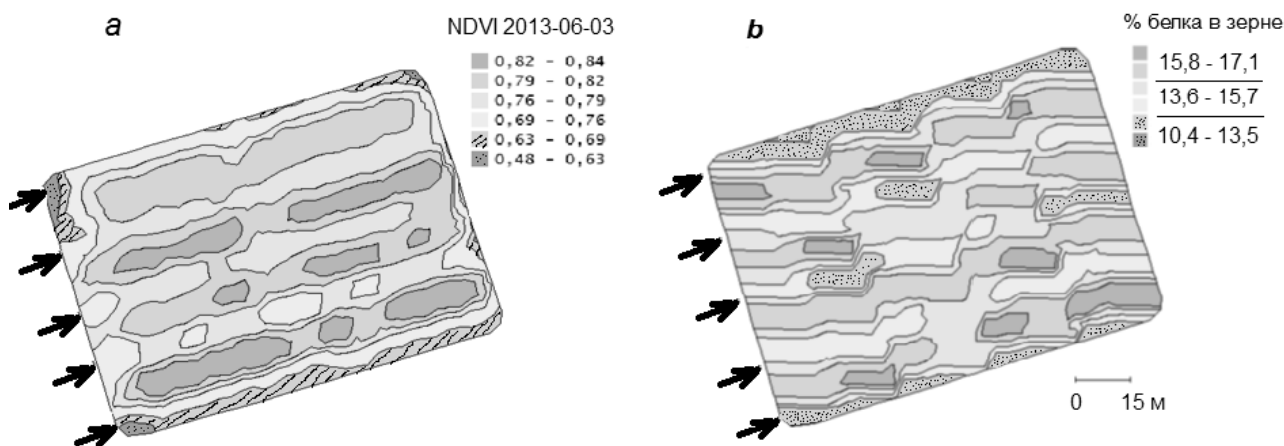


Рис. 2. Карта пространственного распределения индекса NDVI на посевах пшеницы от 03.06.2013 г. (а) и карта содержания белка в зерне от 24.07.2013 г. (б). Стрелками показано направление контрольных полос посева без подкормок

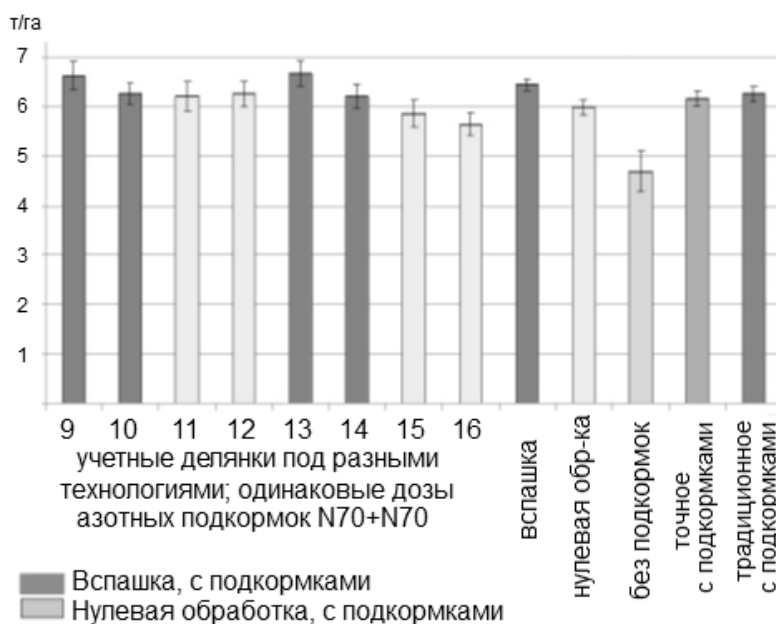


Рис. 3. Урожайность озимой пшеницы на разных вариантах опыта в 2013 г. Высота столбцов – среднее значение урожайности по технологии, усики – 95%-ный доверительный интервал

Таблица
Урожайность и качество зерна озимой пшеницы на разных вариантах опыта (ср.±дов. инт.)

Показатель урожайности/качества	Технология возделывания	Объем выборки	Пшеница Л-1, 2012 г., поле ЦТ3-3	Пшеница Л-15, 2013 г., поле ЦТ3-1
Урожайность, т/га	Вспашка	80	6,11±0,56	6,50±0,14
	Прямой посев	80	6,01±0,61	6,11±0,14
	Точное	80	5,93±0,58	6,25±0,15
	Традиционное	80	6,19±0,56	6,35±0,14
	Без подкормок	20	5,17±0,53	5,12±0,28
	С подкормками	160	6,25±0,24	6,30±0,10
Масса 1000 зерен, г	Вспашка	40	46,41±0,98	39,24±0,74
	Прямой посев	40	47,88±0,78	38,18±1,02
	Точное	40	46,79±0,97	39,31±0,85
	Традиционное	40	48,67±0,77	38,11±0,93
	Без подкормок	20	47,22±0,64	41,31±0,96
	С подкормками	80	48,27±0,92	38,71±0,64
Содержание белка в зерне, %	Вспашка	40	14,94±0,61	15,97±0,24
	Прямой посев	40	14,41±0,31	16,19±0,17
	Точное	40	14,68±0,54	16,04±0,20
	Традиционное	40	14,62±0,36	16,13±0,22
	Без подкормок	20	10,63±0,36	11,88±0,20
	С подкормками	80	14,65±0,33	16,08±0,15

Заключение

При возделывании озимой пшеницы наиболее существенным фактором, влияющим на урожайность и качество зерна, является применение азотных подкормок: урожайность повышается в среднем на 21-23%, содержание белка на 35-38%. При сравнении влияния точной и традиционной технологий возделывания на урожайность и качество зерна существенных различий между технологиями не выявлено. При сравнении способов обработки почвы выявлено, что в 2013 г. на отвальном варианте урожайность пшеницы была выше на 7% по сравнению с нулевым.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 148 с.
2. Рунов Б.А., Пильникова Н.В. Основы технологий точного земледелия: зарубежный и отечественный опыт. – 2-е изд., испр. и доп. / Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение «Агрофизический науч.-исслед. ин-т Рос. сельхозакадемии». – СПб., 2012. – 120 с.
3. Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Марченко Н.М. Точное земледелие: проблемы и пути решения // Сельскохозяйственные ма-

шины и технологии. – 2010. – № 5. – С. 9-14.

4. Шпаар Д. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование): учебно-практическое руководство: в 2 т. – М.: ИД ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2008. – 656 с.

5. Raun W.R., Solie J.B., Stone M.L., Martin K.L., Freeman R.W., Mullen, R.W., Zhang H. Schepers J.S., Johnson G.V. Optical sensor based algorithm for crop nitrogen fertilization // *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* – 2005. – Vol. 36 (19-20). – P. 2759-2781.

6. N-Sensor ALS (Active Light Source); N-Tester http://www.sensoroffice.com/hp_home2/index.jsp (он-лайн ресурс; просмотрено 06.06.2014).

7. Железова С.В., Березовский Е.В., Аброськин Д.П. Использование прибора GreenSeeker® RT200 для мониторинга посевов озимой пшеницы при разных технологиях возделывания // *Проблемы агрохимии и экологии.* – 2013. – № 1. – С. 56-60.

8. Тенекоев А.А. Сенсорные датчики управляют нормой внесения азотных удобрений // *Агромаркет.* – 2011. – № 5. – С. 54-55.

References

1. Balabanov V.I., Zhelezova S.V., Berzovskii E.V. i dr. Navigatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaistve. Koordinatnoe zemledelie: uchebnoe posobie. – М.: Izd-vo RGAU – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2013. – 148 s.

2. Runov B.A., Pil'nikova N.V. Osnovy tekhnologii tochnogo zemledeliya: zarubezhnyi i otechestvennyi opyt // *Ros. akad. s.-kh. nauk, Gos. nauch. uchrezhdenie Agrofizicheskii nauch.-issled. in-t Rossel'khozakademii.* – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb., 2012. – 120 s.

3. Izmailov A.Yu., Lichman G.I., Marchenko N.M.. Tochnoe zemledelie: problemy i puti resheniya // *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii.* – 2010. – № 5. – С. 9-14.

4. Shpaar D. Zernovye kul'tury (Vyrashchivanie, uborka, dorabotka i ispol'zovanie) // *Uchebno-prakticheskoe rukovodstvo, v dvukh tomakh.* – М.: ИД ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2008. – 656 с.

5. Raun W.R., Solie J.B., Stone M.L., Martin K.L., Freeman R.W., Mullen, R.W., Zhang H. Schepers J.S., Johnson G.V. Optical sensor based algorithm for crop nitrogen fertilization // *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* – 2005. – Vol. 36 (19-20). – P. 2759-2781.

6. N-Sensor ALS (Active Light Source); N-Tester http://www.sensoroffice.com/hp_home2/index.jsp (on-lain resurs; prosmotreno 06.06.2014).

7. Zhelezova S.V., Berzovskii E.V., Abros'kin D.P. Ispol'zovanie pribora GreenSeeker®RT200 dlya monitoringa posevov ozimoi pshenitsy pri raznykh tekhnologiyakh vozdelvaniya // *Problemy agrokhimii i ekologii.* – 2013. – № 1. – С. 56-60.

8. Tenekoev A.A. Sensornye datchiki upravlyayut normoi vneseeniya azotnykh udobrenii // *Agromarket.* – 2011. – № 5. – С. 54-55.



УДК 579.64:573.6.086.83:631.811.98

**Л.Ф. Басырова, Д.В. Каменек,
Л.К. Каменек, Л.Д. Терехина**
L.F. Basyrova, D.V. Kamenek,
L.K. Kamenek, L.D. Terekhina

ВЛИЯНИЕ ДЕЛЬТА-ЭНДОТОКСИНА BACILLUS THURINGIENSIS НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ОГУРЦА ПОСЕВНОГО

THE EFFECT OF BACILLUS THURINGIENSIS DELTA ENDOTOXIN ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF CUCUMBER (CUCUMIS SATIVUS) FRUITS

Ключевые слова: моносахариды, аскорбиновая кислота, нитраты, дельта-эндотоксин *Bacillus thuringiensis*, огурец посевной.

Keywords: monosaccharides, ascorbic acid, nitrates, *Bacillus thuringiensis* delta endotoxin, cucumber (*Cucumis sativus*).