

менения безводного аммиака в земледелии требуют систематического контроля кислотности почвы, ее гумусового состояния и вымывания азота в подпочвенные воды.

Авторы – сотрудники Национального научного центра «Институт почвоведения та агрохимии имени А.Н. Соколовского» (г. Харьков, Украина):

Мирошниченко Н.Н. – доктор биологических наук, заместитель директора по научной части, заведующий отделом агрохимии; e-mail: ecosoil@meta.ua

Гладких Е.Ю. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: ye.hladvkikh@ukr.net.

Ревтьев А.В. – аспирант; e-mail: alina_rev@mail.ru.

Авторы выражают благодарность Главе Филиала некоммерческой негосударственной организации «Международный институт питания растений» Ивановой С.Е. за содействие в подготовке статьи.

Литература

- Завалин А.А. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии / А.А. Завалин, Е.Н. Ефремов, А.А. Алферов и др. // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 20-26.
- Зинченко В.С. Оценка экологического состояния серой лесной почвы в агроэкосистемах в зависимости от приемов основной обработки почвы: автореф. дис. на соискание научной степени канд. биолог. наук: спец. 03.02.08 – экология (биология), 03.02.13 – почвоведение / В.С. Зинченко. – Владимир, 2011. – 22 с.
- Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
- Петерсон Г. Невспаханая земля. Сохраненная влага / Г. Петерсон // Журнал «Зерно». – 2006. – №5. – С. 66-74.
- Bouman O.T., Curtin D., Campbell C.A., Biederbeck V.O. (1995). Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, p. 1488-1494.
- Campbell C.A., Zentner R.P., Selles F., McConkey B.G. and Dyck F.B. (1993). Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: yields and N use efficiency. - *Agron. J.*85: 107-114.
- Chien S.H., Collamer D.J., and Gearhart M.M. (2008). The effect

of different ammonia nitrogen sources on soil acidification [Electronic version]. *Soil Sci. J.* p. 173:544–551.

- Darusman L.R. Stone, D.A. Whitney, K.A. Janssen and J.H. Long. (1991). Soil properties after twenty years of fertilization with different nitrogen sources. - *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1097-1100.
- Effect of ammonia on soil properties and relevance to soil and water quality. Agriculture Canada. Research Branch Harrow, Ontario. (1990). P. 47.
- Kariuki S.K., H. Zhang J.L. Schroder J. Edwards, Payton M., Carver B.F., Raun W.R. and Krenzer E.G. (2007). Hard red winter wheat cultivar responses to pH and aluminum concentration gradients. - *Agron. J.* 99:88–98.
- Norman R.J., Kurtz L.T. and Stevenson F.J. (1987). Solubilization of soil organic matter by liquid anhydrous ammonia [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, p. 809-812.
- Papendick R.I. and Parr J.F. (1966). Retention of anhydrous ammonia by soil: Dispensing apparatus and resulting ammonia distribution [Electronic version]. *Soil Sci.* 102:193-201.
- Parr J.F. (1969). Retention of anhydrous ammonia by soil: Recovery of microbiological activity and effect of organic amendments [Electronic version]. *Soil Sci.* 107:94-104.
- Russell A.E., Laird D.A., and Mallarino A.P. (2006). Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil quality in midwestern Mollisols. - *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:249–255.
- Schroder J. L., Zhang H., Girma K., Raun W.R., Penn C.J., Payton M. E. (2011). Soil Acidification from Long-Term Use of Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat [Electronic version]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, p. 957–964.
- Smith D., Clark F. (1960) Volatile losses of nitrogen from acid or neutral soil or solutions containing nitrate and ammonium ions // *Soil Sci. N 2.* – P. 86-92.
- Stanley F.A. and Smith G.E. (1956). Effect of soil moisture and depth of application on retention of anhydrous ammonia. - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* - 20:557-561.
- Tomasiewicz D.J. and Henry J.L. (1985). The effect of anhydrous ammonia applications on the solubility of soil organic carbon. - *Can. J. Soil. Sci.* 65:737-747.
- Ukrainetz H., Campbell C.A., Biederbeck V.O., Curtin D., and Bouman O.T. (1996). Yield and protein content of cereals and oilseed as influenced by long-term use of urea and anhydrous ammonia. - *Can. J. Plant Sci.* 76: 27-32
- Zhang H. and Raun W.R. (2006). Oklahoma soil fertility handbook. - 6th ed. Oklahoma Coop. Ext. Serv., Oklahoma State Univ., Stillwater.
- IPNI. 2012. 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version, (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA

Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР

А.А. Ореховская, А.Г. Ступаков

Интенсификация сельскохозяйственного производства требует применения минеральных удобрений в повышенных дозах, иначе снижается плодородие почвы и урожайность культур (Мальцев, 2000; Назарюк, Калимуллина, 2010).

В последние годы для удовлетворения потребно-

сти растений в питательных элементах удобрения применяют явно недостаточно, что сильно сдерживает проявление потенциальных возможностей генотипа сорта (Никитишен, 2002). В таких условиях особенно актуальным становится вопрос о применении минеральных удобрений в рациональных

дозах (Ягодин и др., 2002), использования приемов повышения их эффективности (Лукин, 1999).

Исследования проводились в 2011-2013 годах в лаборатории плодородия почв и мониторинга ГНУ Белгородский НИИСХ Россельхозакадемии. Почва опытного участка – чернозем типичный среднесиловидный малогумусный тяжелосуглинистый на лесосовидном суглинке. Территория места проведения исследований расположена в зоне умеренно-континентального климата. Среднегодовая температура воздуха в годы исследований составляла +10.4°C, среднесуточная температура самого холодного месяца – -10.6 °С, а самого тёплого месяца – +23.4 °С. Летом преобладает малооблачная погода. В стационарном полевом опыте, заложенном в 1987 году, изучалось влияние длительного применения способов основной обработки почв, а также различных доз органических и минеральных удобрений на азотный режим чернозема типичного и продуктивность озимой пшеницы. Чередование культур в севооборотах: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; плодосменный – эспарцет 1 года пользования, эспарцет 2 года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + эспарцет. В опыте изучались три способа основной обработки почвы: отвальная вспашка ПЛН-5-35 на глубину 20-22 см, которой предшествует дисковое лушение на глу-

бину 8-10 см; безотвальная обработка плугом типа «Параплау» на глубину 20-22 см; минимальная обработка дисковой бороной БДТ-7 на глубину 10-12 см. Органические удобрения вносили один раз в ротацию севооборота под сахарную свеклу в дозе 80 т/га, что соответствовало насыщенности 16 т на 1 га севооборотной площади. Минеральные удобрения вносились ежегодно под каждую культуру в одинарной и двойной дозах. Одинарная доза удобрений рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия и двойная – на расширенное.

Цель исследования – изучение влияния длительного применения способов основной обработки почвы, минеральных и органических удобрений в севообороте на азотный режим чернозема типичного, а также на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве минерального азота, который в пахотном слое составляет небольшую часть (1-5%), главным образом в виде нитратов и аммония (В.Г. Минеев, 2001). Нитратный азот не закрепляется в почвенном поглощающем комплексе и вертикально мигрирует по профилю, поэтому о динамике содержания нитратного азота в почве нужно судить не только по его содержанию в гумусово-аккумулятивном горизонте, но и в более нижних

Таблица 1. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на содержание нитратного азота в почве, мг/кг

| Дозы удобрений | | Глубина отбора образцов почвы, см | Плодосменный севооборот | | | Зернопропашной севооборот | | |
|----------------|--|-----------------------------------|-------------------------|------|------|---------------------------|-----|-----|
| Навоз, т/га | НPK, кг д.в./га | | В* | Б* | М* | В | Б | М |
| 0 | 0 | 0-10 | 2.4 | 6.5 | 4.6 | 6.0 | 4.5 | 9.3 |
| | | 10-20 | 4.6 | 5.5 | 5.4 | 6.2 | 7.2 | 7.2 |
| | | 20-30 | 3.8 | 4.8 | 4.5 | 5.1 | 4.1 | 4.3 |
| | | 0-30 | 3.6 | 5.6 | 4.8 | 5.8 | 5.3 | 6.9 |
| | | 30-50 | 4.6 | 3.6 | 5.2 | 9.8 | 4.3 | 4.1 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 0-10 | 2.6 | 27.5 | 6.3 | 7.8 | 5.8 | 2.1 |
| | | 10-20 | 2.6 | 20.0 | 17.4 | 10.5 | 3.5 | 2.8 |
| | | 20-30 | 2.3 | 15.1 | 12.6 | 5.0 | 3.3 | 2.6 |
| | | 0-30 | 2.5 | 20.9 | 12.1 | 7.8 | 4.2 | 2.5 |
| | | 30-50 | 2.0 | 8.3 | 4.4 | 5.8 | 3.2 | 3.3 |
| 80 | 0 | 0-10 | 7.8 | 5.0 | 4.0 | 3.4 | 3.0 | 5.5 |
| | | 10-20 | 6.3 | 5.0 | 4.3 | 5.5 | 5.8 | 5.2 |
| | | 20-30 | 6.0 | 3.9 | 3.6 | 8.3 | 5.2 | 7.8 |
| | | 0-30 | 6.7 | 4.6 | 4.0 | 5.7 | 4.7 | 6.2 |
| | | 30-50 | 3.1 | 3.2 | 2.0 | 4.8 | 6.0 | 5.1 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 0-10 | 9.1 | 16.2 | 5.0 | 5.4 | 4.7 | 3.7 |
| | | 10-20 | 6.5 | 11.5 | 8.9 | 8.9 | 3.2 | 6.8 |
| | | 20-30 | 6.0 | 4.2 | 4.3 | 6.0 | 4.6 | 8.9 |
| | | 0-30 | 7.2 | 10.6 | 6.1 | 6.8 | 4.2 | 6.5 |
| | | 30-50 | 4.9 | 13.8 | 3.7 | 4.4 | 5.4 | 6.3 |

НСР_{0.05} для слоя 0-30 см Фактор А = 0.2
Фактор В = 0.3
Фактор С = 0.2

*Способы обработки почвы: В – вспашка, Б – безотвальная обработка, М – минимальная обработка.

Таблица 2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от севооборотов, способов обработки почвы и удобрений, ц/га

| Дозы удобрений | | Плодосменный севооборот | Зернопропашной севооборот |
|-------------------------------|--|-------------------------|---------------------------|
| Навоз, т/га | НРК кг д.в./га | | |
| Вспашка | | | |
| 0 | 0 | 35.2 | 36.7 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 41.4 | 44.7 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 48.6 | 52.0 |
| 80 | 0 | 44.0 | 44.3 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 49.3 | 49.3 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 52.7 | 55.0 |
| Безотвальная обработка | | | |
| 0 | 0 | 34.0 | 36.7 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 39.7 | 44.0 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 44.7 | 47.0 |
| 80 | 0 | 41.3 | 43.7 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 44.3 | 50.0 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 51.7 | 52.3 |
| Минимальная обработка | | | |
| 0 | 0 | 37.0 | 33.3 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 44.7 | 37.3 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 51.7 | 44.3 |
| 80 | 0 | 47.0 | 42.0 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 52.0 | 48.3 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 55.7 | 49.0 |

слоях. Кроме того, процессы миграции нитратного азота всегда сопровождаются активной минерализацией органического вещества в верхних горизонтах почвы и выносом минерального азота урожаем сельскохозяйственных культур (Г.И. Уваров, В.Д. Соловиченко, 2009).

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-10 см в плодосменном севообороте в варианте без удобрений было выше при безотвальной обработке (6.5 мг/кг), чем при вспашке и минимальной обработке (2.4 и 4.6 мг/кг соответственно) (табл. 1). Внесение минеральных удобрений в двойной дозе как без внесения органических удобрений, так и при последствии навоза повышало содержание азота при вспашке на 0.2 и 1.3 мг/кг, при безотвальной обработке – на 21.0 и 11.2 мг/кг, при минимальной обработке – на 1.7 и 1.0 мг/кг соответственно. Такая же закономерность наблюдалась и в зернопропашном севообороте, в котором прибавка составила 1.8 и 2.0 мг/кг при вспашке, 1.3 и 1.7 мг/кг – при безотвальной обработке. При минимальной обработке, наоборот, наблюдалось снижение на 7.2 и 1.8 мг/кг соответственно. В целом по двум севооборотам можно сказать, что содержание нитратного азота было выше по вспашке в зернопропашном севообороте, а по безотвальной и минимальной обработках – в плодосменном. Содержание нитратного азота сильно изменялось по слоям почвы, что связано с его высокой подвижностью и миграцией вниз по профилю почвы.

Доказано, что озимая пшеница больше других культур требовательна к условиям питания. На об-

Таблица 3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от севооборотов, способов обработки и удобрений в 2013 году

| Дозы удобрений | | Плодосменный севооборот | | Зернопропашной севооборот | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Навоз, т/га | НРК кг д.в./га | Сырой протеин, % | Клейковина, % | Сырой протеин, % | Клейковина, % |
| Вспашка | | | | | |
| 0 | 0 | 12.2 | 26.6 | 13.9 | 38.4 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 12.4 | 26.1 | 14.1 | 37.6 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 12.7 | 25.8 | 14.4 | 37.2 |
| 80 | 0 | 13.0 | 29.9 | 14.3 | 39.8 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 13.2 | 28.2 | 14.1 | 38.0 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 13.4 | 26.5 | 13.9 | 36.0 |
| Безотвальная обработка | | | | | |
| 0 | 0 | 13.1 | 28.6 | 14.3 | 39.5 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 13.1 | 27.6 | 13.6 | 36.3 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 13.1 | 26.6 | 13.0 | 33.5 |
| 80 | 0 | 13.7 | 31.5 | 14.3 | 39.8 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 13.1 | 28.0 | 14.0 | 37.7 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 12.5 | 24.7 | 13.7 | 35.5 |
| Минимальная обработка | | | | | |
| 0 | 0 | 14.4 | 31.4 | 14.4 | 39.8 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 14.4 | 30.3 | 14.0 | 37.3 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 14.4 | 29.2 | 13.7 | 35.3 |
| 80 | 0 | 13.1 | 30.1 | 13.8 | 38.4 |
| | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 13.5 | 28.8 | 13.0 | 35.0 |
| | N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 13.9 | 27.5 | 12.1 | 31.3 |
| НСР _{0.05} сырой протеин | | НСР _{0.05} клейковина | | | |
| для фактора А = 0.5 | | для фактора А = 1.3 | | | |
| для фактора В = 0.9 | | для фактора В = 2.2 | | | |
| для фактора С = 0.5 | | для фактора С = 1.1 | | | |

разование одного центнера зерна с соответствующим количеством соломы и половины озимая пшеница выносит из почвы с урожаем 3-3.5 кг азота, 1-1.3 кг фосфора и 2-3 кг калия (Найдин, 1963). Аналогичные результаты были получены и в условиях Белгородской области (Доманов, 1999).

В результате проведенных исследований было установлено, что удобрения оказывали существенное влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, в отличие от способов основной обработки почвы (табл. 2, 3).

В плодосменном севообороте прибавка урожайности от минеральных удобрений при минимальной обработке несколько превзошла прибавку при вспашке: соответственно 14.7 и 13.4 ц/га. При безотвальной обработке прибавка составила 10.7 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности от минеральных удобрений в зернопропашном севообороте наблюдалась при проведении вспашки и внесении двойной дозы – 15.3 ц/га. При безотвальной обработке прибавка составила 10.3 ц/га, при минимальной – 11.0 ц/га. При внесении минеральных удобрений в двойной дозе по фону 80 т/га навоза (максимальная насыщенность удобрениями) подобная закономерность сохранилась.

Прибавка урожайности при вспашке, безотвальной и минимальной обработках составила соответственно 10.7, 8.6 и 7.0 ц/га. Урожайность озимой пшеницы в зернопропашном севообороте без применения удобрений превысила урожайность в плодосменном севообороте по вспашке на 1.5 ц/га и безотвальной обработке – на 2.7 ц/га, но уступила при минимальной обработке на 3.7 ц/га. Также в плодосменном севообороте при сравнении с зернопропашным севооборотом прибавка урожайности была несколько выше от последействия 80 т/га навоза: 1.2 ц/га при вспашке и 1.3 ц/га при минимальной обработке.

Содержание сырого протеина и клейковины в варианте без применения удобрений было выше в зернопропашном севообороте по сравнению с плодосменным: соответственно при вспашке – на 1.7 и 11.8% и при безотвальной – на 1.2 и 10.9%. При минимальной обработке содержание сырого протеина было одинаковым в обоих севооборотах. В плодосменном севообороте с ростом дозы удобрений наблюдалось повышение содержания сырого протеина как в варианте без внесения навоза, так и по фону последействия навоза при вспашке. В зернопропашном севообороте подобная закономерность отмечена только при увеличении доз минеральных удобрений. По фону последействия навоза при увеличении доз минеральных удобрений содержание сырого протеина стало снижаться на 0.2-0.4%.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона наиболее эффективным способом для достижения высокой урожайности и качества озимой пшеницы является безотвальная обработка.

Ступаков А.Г. – д.с.-х.н., профессор кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Ореховская А.А. – аспирант кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, e-mail: sangvisorba@rambler.ru

Авторы выражают благодарность Главе Филиала некоммерческой негосударственной организации «Международный институт питания растений» Ивановой С.Е. за содействие в подготовке статьи.

Литература

Доманов М.Н. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений в Центральном Черноземье: диссертация на соискание ученой степени канд. с/х наук. Спец. 06.01.01 / Доманов М.Н. - Белгород, 1999. - 161 с.

Лукин С.В. Эколого-агрохимические основы адаптивных систем земледелия для эрозионно-опасных и загрязненных тяжелыми металлами агроландшафтов в ЦЧР России: Автореф. дис... доктора с.-х. наук. М.: ВИУА, 1999. - 46 с.



Соавтор статьи – А.Ореховская

Мальцев В.Т. Условия азотного питания полевых культур и применение азотных удобрений на почвах приангарья: Автореф. дис... д-ра с.-х. наук. Омск: изд-во ОмГАУ, 2000. - 33 с.

Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: Учебное пособие. - М.: МГУ, 2001. - 689 с.

Назарюк В.М. Влияние удобрений и растительных остатков на плодородие почвы, продуктивность и химический состав зерновых культур / В.М. Назарюк, Ф.Р. Калимуллина // Агрохимия, 2010. - №6. - с. 18-27

Найдин П.Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур / П.Г. Найдин. - М.: Сельхозгиздат, 1963. - 264 с.

Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы / В.И. Никитишен. - М.: Наука, 2002. - 258 с.

Уваров Г.И. Азотный режим чернозема типичного при возделывании культур в севооборотах / Г.И. Уваров, В.Д. Соловченко // Агрохимия, 2009. - №4. - С. 5-10

Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.К. Кобзаренко. - М.: Колос, 2002. - 583 с.