

## Особенности азотного питания новых сортов льна-долгунца для задач точного земледелия

*И.В. Ущাপовский, к.б.н., ФГБНУ ВНИИМЛ; Е.М. Корнеева, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИМЗ; Л.Н. Павлова, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИЛ; Е.В. Ожимкова, к.х.н., Е.А. Прутенская, к.х.н., ФГБОУ ВПО Тверской ГТУ; С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА*

Продуктивность льна находится в тесной зависимости от наличия в почве основных элементов минерального питания, в ряду которых азот занимает определяющее место. Исходя из закона минимума Либиха азот может оказаться лимитирующим фактором, если его доступная форма не будет поступать в растение в оптимальном количестве в критические периоды онтогенеза. Азот вовлечён в создание аминокислотного пула и эффективный синтез азотистых оснований, нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфолипидов, фитогормо-

нов, коферментов, хлорофилла и цитохромов, что влияет на метаболическую активность в процессе роста растения и созревания его семян. Однако избыток азота, увеличивая биомассу, приводит к снижению технологического качества льнопродукции. Так, доза азота свыше 30 кг/га ведёт к снижению номера, гибкости и разрывной нагрузки [1–3].

Наибольшее потребление растением льна азота (в пределах 40%) происходит в короткий период онтогенеза – бутонизация-цветение, но критическими этапами для обеспечения растений этим элементом являются ранние этапы развития – ёлочка – быстрый рост. В целом агрохимические расчёты показывают, что при урожае льноволокна 10 ц/га вынос азота составляет 40–50 кг [4].

Рекомендации по возделыванию льна предусматривают использование различных доз азота, что

основывается на фактическом балансе элементов питания и почвенной характеристике конкретного поля, климатических условий зоны возделывания и целей выращивания льна. Большинство исследователей рекомендуют применение азота в пределах  $N_{5-30}$  [5–7]. В условиях благоприятного года при сравнении 15–45 кг/д.в. азота наибольшая прибавка урожая получена при  $N_{30}$  [8].

Традиционные технологии предполагают однократное предпосевное внесение азотных удобрений, а внекорневая подкормка, совмещённая с гербицидной обработкой, позволяет корректировать общее состояние посевов. Применение азотного удобрения ( $N_{20}$ ) в качестве подкормки в фазу быстрого роста ведёт к увеличению урожая соломы на 20–30% [9]. На эффективность азотных удобрений влияют климатические условия года: в избыточно влажный год азотное удобрение может снижать урожай волокна, а в умеренно сухие – приводит к увеличению его содержания [8, 10]. Оценка адаптивности сортов льна при различном фоне минерального питания, специфика углеводного обмена при разных формах поступающего в растение азота, требования к технологии внесения удобрений с учётом компенсации выноса элементов с урожаем определяют необходимость новых подходов в агрономии культуры [3, 11, 12]. Однако значительная почвенная неоднородность полей и высокая отзывчивость льна на фон минерального питания являются одной из причин недостаточной эффективности традиционных агрономических технологий возделывания льна, что требует введения в льноводство новой концепции аграрного производства – точного земледелия [13].

Актуальность изучения способов и методов точного земледелия на культуре льна демонстрируют данные по эффективности использования удобрений в льнохозяйствах Белоруссии. Показано, что за период с 1995 по 2012 г. произошло увеличение количества используемых удобрений с 90 до 260 кг/га, однако пропорционального (в 2,3–3 раза) повышения урожайности волокна не наблюдалось: с 6,2 ц/га в 1995 г. до 7,5–9,4 ц/га в 2011–2012 гг. [8].

Для использования технологий точного земледелия в льноводстве необходимо исследовать особенности управления минеральным питанием растений на ранних этапах развития. В связи с этим **целью** настоящего исследования было изучение содержания азота в растениях льна на ранних этапах онтогенеза у новых перспективных сортов отечественной селекции, а также реакции льна на различные дозы азотных удобрений.

**Материал и методы исследования.** В исследовании изучали перспективные сорта льна-долгунца селекции ВНИИ льна, включённые в Государственный реестр селекционных достижений, допущенные к использованию на территории Российской Федерации. Сорта характеризуются

высокими урожайными показателями и различаются по длительности вегетационного периода: сорт Зарянка – раннеспелый, Альфа, Ленок, Тверской – среднеспелые, Росинка и Дипломат – позднеспелые сорта.

Полевые эксперименты проводили на базе научно-технологического центра ВНИИМЗ (п. Эммаус, Тверская обл.) в 2011 и 2013 гг. Почвенный фон в эксперименте характеризовался средней степенью окультуренности: лёгкий механический состав, слабокислая реакция pH 5,2–5,6, обеспеченность основными элементами питания составила по фосфору ( $P_2O_5$ ) – 29,8–39,6, калию ( $K_2O$ ) – 16,1–18,2, азоту ( $NH_4$ ) – 1,63–1,82 мг/100 г почвы, при доле гумуса 1,82–1,97%. Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки, ранневесеннего боронования зяби и двух культиваций с боронованием. Предпосевная культивация была проведена комбинированным агрегатом КБМ. В процессе подготовки почвы было проведено предпосевное внесение комплексного минерального удобрения в дозе  $N_{32}P_{32}K_{32}$  (марка «Аммофоска»). Для создания градиций азотного фона использовали аммиачную селитру в дозах 15; 30; 45 кг д.в./га.

Посев проводили в оптимальный для льна срок – первую декаду мая. Норма высева составляла – 20 млн всхожих семян на 1 га. Использовали сеялку СЛН-1,6 с междурядьем 7,5 см. В фазу ёлочка посева обрабатывали баковой смесью гербицидов (Агритокс + Секатор Турбо) с расходом рабочей жидкости 300 л/га. Уборку льна проводили в фазу жёлтой спелости тереблением их вручную. Повторность опыта – трёхкратная, учётная площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>.

Анализ содержания общего азота в растениях был проведён по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93) на трёх ранних стадиях онтогенеза: ёлочка, быстрый рост и бутонизация. Пробы растений отбирали в трёх повторностях. Фотометрический прибор N-тестер «OPTI-Science ССМ-200», измеряющий содержание хлорофилла в листьях и посредством калибровки оценивающий содержание азота в растении, использовался для экспресс-оценки на стадии быстрого роста.

**Результаты исследования.** Содержание общего азота в растении льна на трёх ранних стадиях развития – ёлочка, быстрый рост и бутонизация – изучается многими исследователями, поскольку в это время формируется основа урожая и качества льнопродукции, а также возможны обработки растворами питательных веществ для регуляции роста. Результаты, полученные в данном исследовании, свидетельствуют, что новые сорта льна-долгунца характеризуются типичными для вида значениями по содержанию азота в растении и динамикой его изменения в онтогенезе (табл.). Дисперсионный анализ показывает отсутствие между сортами значимых отличий по содержанию азота на стадии ёлочка, но на двух следующих стадиях

различия становятся более значимы для сортов с крайними показателями. Вероятно, это связано с формирующимися в онтогенезе генотипическими различиями, проявляющимися на более поздних этапах развития, что выявляется в проведённом анализе. Наибольшие различия выявлены между раннеспелым сортом Зарянка и позднеспелым Дипломат, что отмечается на протяжении всех трёх изученных стадий. Все сорта льна характеризовались снижением относительного содержания азота в растении по мере увеличения их возраста.

Интересным результатом стало наличие положительной корреляции между содержанием азота и урожаем соломы. Это может служить ещё одним подтверждением важной роли азотного питания на ранних этапах онтогенеза для формирования биомассы и получения урожая. Урожай соломы указывает, что реализация потенциала изученных сортов льна проходила в благоприятных почвенно-климатических условиях, что было отмечено при фенологических наблюдениях.

Практический вывод из данного исследования предполагает необходимость контроля за поддержанием на достаточном уровне азотного питания льна на ранних этапах развития и в случае дефицита применения азотных подкормок. Этому направлению необходимо дальнейшее развитие для формирования рекомендаций как для традиционной технологии возделывания, так и для технологии точного земледелия.

В исследовании реакции льна-долгунца на различные дозы азотных удобрений оценивался перспективный сорт Тверской на различных фонах азотного питания, созданных дополнительным внесением аммиачной селитры: N<sub>15, 30, 45</sub>, и контроль N<sub>0</sub>. Хорошо окультуренное экспериментальное поле характеризовалось достаточным количеством фосфора и калия для развития льна, в связи с чем реакция растений на дозы азотного удобрения рассматривались как однофакторный эксперимент. По результатам вегетационного периода отмечался нелинейный прирост соломы от дозы аммиачной селитры (рис. 1). Высокая доза азота N<sub>45</sub> привела к максимальному урожаю соломы. Проведённый математический анализ показывает, что дальнейший прирост урожая соломы за счёт увеличения дозы аммиачной селитры при данных почвенных условиях нерационален:

$$y = -1,75x^2 + 15,65x + 40,75,$$

при R<sup>2</sup>=0,99.

Наиболее эффективная результативность применения азота наблюдалась при N<sub>30</sub>. Реализация сортового потенциала в данных условиях достигла 95%, и дальнейшее увеличение дозы азотного удобрения на 50% (N<sub>45</sub>) может быть экономически не обоснованным.

Проведённая во время вегетации растительная диагностика с помощью оптического N-тестера позволила выявить прямую зависимость между

Содержание азота в растении льна в период вегетации

Сорт	Содержание азота, %			Длительность вегетационного периода, дн.	Урожай соломы, ц/га
	Стадия развития				
	ёлочка	быстрый рост	бутонизация		
Зарянка	3,39	2,25	1,96	75	61
Альфа	3,48	2,34	1,98	79	72
Ленок	3,48	2,37	2,03	80	73
Росинка	3,52	2,39	2,09	84	74
Дипломат	3,65	2,51	2,18	85	76
НСР <sub>05</sub>	0,62	0,11	0,11		5,5

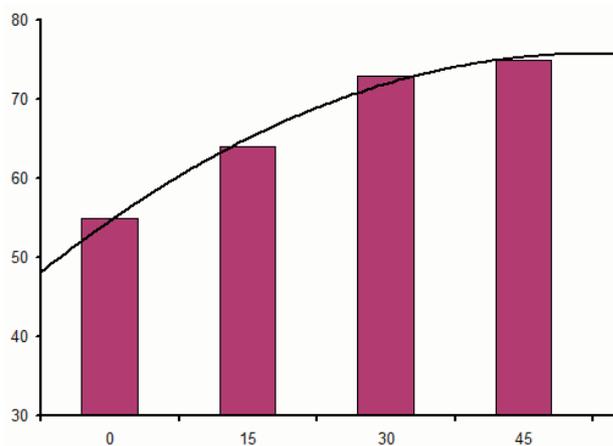


Рис. 1 – Зависимость урожая льносоломы сорта Тверской от дозы азотного удобрения (N<sub>0, 15, 30, 45</sub>), ц/га

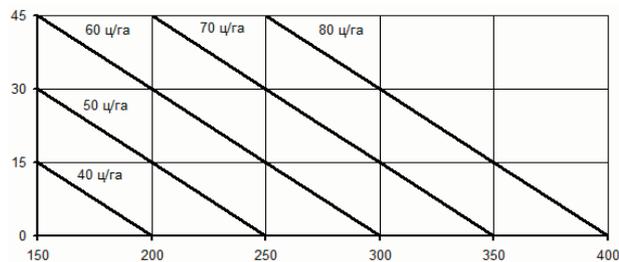


Рис. 2 – Расчётная потребность льна-долгунца сорта Тверской в азотных удобрениях (N<sub>15, 30, 45</sub>) с учётом планируемой урожайности льносоломы (40–80 ц/га) и показателей N-тестера (150–400 ед.)

содержанием хлорофилла в листе льна сорта Тверской и уровнем обеспеченности почвы азотом [14]. Используемая растительная диагностика на основе оценки содержания хлорофилла в листе опосредованно показывает уровень содержания азота в почве и исходя из расчётных показателей планируемой урожайности позволяет рекомендовать дополнительные дозы удобрений в качестве подкормки на ранних стадиях развития. На основании полученных экспериментальных данных предложен график потребности льна в азотных удобрениях с учётом планируемой урожайности льносоломы и показателей N-тестера (рис. 2). Ограничениями данного метода являются неизученные вопросы по реакции растения льна на дисбаланс элементов питания и другие почвенно-климатические лимитирующие факторы.

Таким образом, разработка калибровочных таблиц для различных типов оптических N-тестеров для современных и перспективных сортов льна-долгунца и льна масличного позволит в режиме реального времени проводить корректировку в азотном питании культуры на начальных этапах развития. Развитие этого направления в льноводстве должно не отставать от уровня исследований по технологиям точного земледелия на основных зерновых культурах.

### Литература

- Хамутовский П.Р., Хамутовская Е.М., Балашенко Д.В. Урожайность и качество льна-долгунца сорта Згода в зависимости от доз азотных удобрений и норм высева семян // Льноводство: реалии и перспективы: матер. междунар. науч.-практич. конф. Могилёв, 2013. С. 180–182.
- Белопухов С.Л., Сафонов А.Ф., Дмитриевская И.И., и др. Влияние биостимуляторов на химический состав продукции льноводства // Известия сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 128–131.
- Белопухов С.Л., Жевнеров А.В., Калабашкина Е.В. и др. Определение микроэлементного состава продукции льноводства // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 32. № 10. С. 72–75.
- Тихомирова В.Я. Физиологическая роль и агрономическая эффективность калийных удобрений на посевах льна-долгунца при разной обеспеченности почвы калием // Научные труды ВНИИЛ. Торжок, 2002. Вып. 30. Т. 1. С. 207–213.
- Понажев В.П., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. и др. Ресурсосберегающая технология производства льна-долгунца высокого качества. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 164 с.
- Голуб И.А., Чернушок А.З. Льноводство Беларуси / РУП «Институт льна Нац. Акад. наук Беларуси». Борисов: Борисов. Укрупн. Тип. им. 1 Мая, 2009. 245 с.
- Захаренко А.В., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И. и др. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на урожай льна и качество волокна // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 9. С. 34–36.
- Прудников В.А. Погодные условия и урожайность сортов льна-долгунца // Льноводство: реалии и перспективы: матер. междунар. науч.-практич. конф. Могилёв, 2013. С. 174–179.
- Борисенко О.И., Яковчик С.Г. Влияние регуляторов роста на урожайность волокна льна-долгунца на различных уровнях азотного питания // Льноводство: реалии и перспективы: матер. междунар. науч.-практич. конф. Могилёв, 2013. С. 160–164.
- Белопухов С.Л., Сафонов А.Ф., Дмитриевская И.И. Влияние биостимуляторов на морфологические показатели и урожайность льна-долгунца // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 3. С. 25–27.
- Тихомирова В.Я., Сорокина О.Ю., Кузьменко Н.Н. Новые аспекты в вопросах биологии и питания льна-долгунца: монография. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. 108 с.
- Белопухов С.Л., Малеванная Н.Н. Применение циркона для обработки посевов льна-долгунца // Плодородие. 2003. № 2. С. 33–35.
- Ушаповский И.В., Мочкова Т.В., Смирнов И.Г. и др. Изучение особенностей адаптации точного земледелия к возделыванию льна-долгунца // Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения: матер. VII междунар. науч.-практич. конф. 17–19 мая 2011 г. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2011. Т. 1. С. 56–61.
- Паско С.В. Использование N-тестера для оперативной растительной диагностики азотного питания озимой пшеницы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2007. № 5. С. 112–115.