

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ НА АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**ЭНГОВАТОВА Ирина Владимировна, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»**

**ШЕСТАКОВА Елена Олеговна, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»**

**СТОРЧАК Ирина Геннадьевна, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»**

**ЕРОШЕНКО Федор Владимирович, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»**

**Целью исследований является изучение влияния основных элементов технологии возделывания на особенности азотного питания растений озимой пшеницы сортов селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (г. Михайловск, Ставропольский край), а также установление возможности оценки содержания азота на основе данных ДЗЗ. Установили, что использование минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы способствует увеличению относительного содержания азота в растениях в конце генеративного периода на 30,7–61,3 % по предшественнику пар и на 12–52,5 % – по предшественнику озимая пшеница. Наибольшее содержание азота в растениях отмечено при норме высева семян 4 млн шт./га (превышение по сравнению с 5 и 6 млн шт./га составляет 4,3–19 %). Влияние сроков и норм высева на относительное содержание азота проявляется не всегда однозначно и зависит от условий конкретного года. Среди сортов высокие показатели содержания азота демонстрирует сорт Анисимовка. В фазу колошения существует прямая корреляционная зависимость между NDVI посевов озимой пшеницы и относительным содержанием азота в растениях, коэффициент корреляции в среднем за годы исследования равен 0,72. Впервые для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края проанализировано влияние элементов технологии возделывания на особенности азотного питания растений новых сортов озимой пшеницы, установлена корреляционная зависимость между содержанием азота в фазу колошения и индексом NDVI.**

**Введение.** В настоящее время выращивание сельскохозяйственных культур сложно представить без применения минеральных удобрений, которые обеспечивают не только прибавку урожая, но и значительно повышают качество получаемой продукции. Азотные удобрения являются наиболее эффективными при выращивании зерновых культур, которые нуждаются в азотном питании с раннего периода развития растений. Эта потребность обусловлена необходимостью формировать хорошо развитый ассимиляционный аппарат [8], размер которого отражается на количестве и качестве будущего урожая. Решение о применении азотной подкормки должно приниматься оперативно и с высокой позиционной точностью, т.к. эффективность применения подкормок определяется тем, насколько объективные данные по содержанию азота в растениях были использованы при составлении научно обоснованных рекомендаций. Такими данными могут быть результаты спутникового мониторинга посевов сельскохозяйственных культур при условии существования ряда закономерностей, позволяющих оценивать потребность растений в азотных подкормках по данным дистанционного зондирования земли. Для этого необходимо изучить особенности накопления и перераспределения азотистых соединений при формировании урожая, которые зависят от применения различных технологических приемов выращивания, а также выявить связь ДЗЗ с содержанием азота в растениях.

Поэтому целью работы было изучение влияния основных элементов технологии возделывания на особенности азотного питания растений озимой пшеницы сортов селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (г. Михайловск, Ставропольский край), а

также установление возможности оценки содержания азота на основе данных ДЗЗ.

**Методика исследований.** Опыты проводили с 2015 по 2018 г. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в г. Михайловске Ставропольского края, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения. Годовая сумма осадков в 2015/2016 с.-х. году составила 636 мм, в 2016/2017 г. – 656 мм, 2017/2018 г. – 515 мм при среднемноголетней норме 553–636 мм. Температурный режим в 2015/2016 и 2017/2018 гг. был выше среднемноголетних значений на 2,3 °C и 1,9 °C соответственно, а в 2016/2017 г. он был близок к норме и составил 9,5 °C. Почва опытного поля представлена черноземом обыкновенным среднемощным малогумусным тяжелосуглинистым.

Изучали сорта мягкой озимой пшеницы Зустрich, Ставка, Слава, Стать и Анисимовка селекции ФГБНУ «Северо-Кавказского ФНАЦ». Постановку полевого опыта выполняли по методике Б.А. Доспехова. Содержание азота определяли по методике В.Т. Куркаева с соавторами. Данные NDVI получены с помощью ручного сканера Greenseeker (Trimble). Основную математическую обработку проводили в программном комплексе LibreOffice.

Исследованиями предусматривалось один трехфакторный и два двухфакторных опыта:

1. Сорта озимой пшеницы (фактор А) – Зустрich, Ставка, Слава, Стать, Анисимовка; предшественники (фактор В) – черный пар и озимая пшеница; фон минерального питания (фактор С) – контроль (без удобрений) и удобренный ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  – нитроаммофоска) перед посевом и  $N_{30}$  – аммиачная селитра) ранней весной;



2. Сорта озимой пшеницы (фактор А) – Зустреч, Ставка, Слава, Стать, Анисимовка; сроки сева (фактор В) – ранний (15–20 сентября), оптимальный (30 сентября – 5 октября), поздний (15–20 октября);

3. Сорта озимой пшеницы (фактор А) – Зустреч, Ставка, Слава, Стать, Анисимовка; нормы высева (фактор В) – 4, 5, 6 млн семян на 1 га.

Площадь опытных делянок – 25 м<sup>2</sup>. Повторность – трехкратная. Внесение удобрений производили ручным способом.

**Результаты исследований.** В среднем по сортам максимальный показатель содержания азота наблюдали по предшественнику пар с внесением удобрений – 1,23 % (рис. 1).

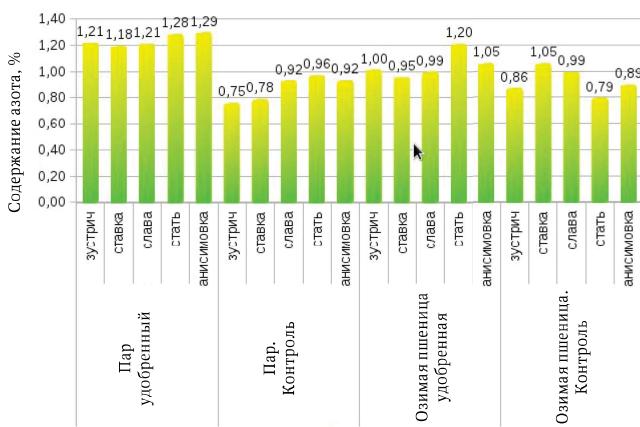


Рис. 1. Влияние предшественника и уровня минерального питания на относительное содержание азота в растениях озимой пшеницы в фазу колошения (в среднем за 2015–2018 гг.)

Применение минеральных удобрений оказывало положительное влияние не только по пару, но и по предшественнику озимая пшеница. Так, в среднем по сортам содержания азота в растениях по озимой пшенице без удобрений составило 0,92 %, а с применением удобрений – 1,04 %. Среди сортов данные по содержанию азота на разных предшественниках и при разных уровнях минерального питания значительно варьируют. Наиболее высокие показатели отмечаются у сорта Стать (1,06 %), низкие – у сорта Зустреч (0,96 %).

Среди различных элементов технологии выращивания озимой пшеницы на содержание азота в растениях в меньшей степени в наших опытах повлияли сроки сева (рис. 2). В среднем по сортам разница показателей не превышала 0,02 %. Так, на ранних оптимальных и поздних сроках содержание азота составило 1,02, 1,04 и 1,03 % соответственно. Примечательно, что сорта Ставка и Стать показали одинаковые результаты (1,04 %).

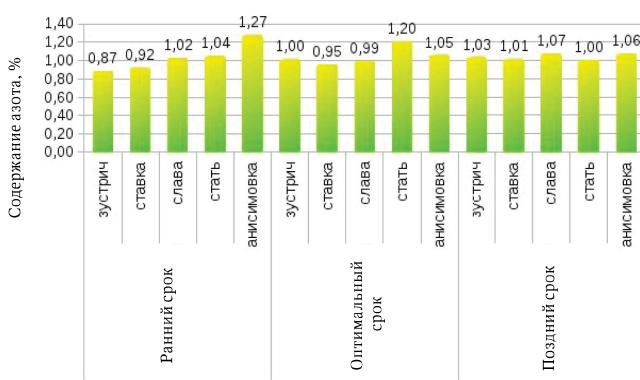


Рис. 2. Влияние сроков сева на относительное содержание азота в растениях озимой пшеницы в фазу колошения (в среднем за 2015–2018 гг.)

тельно, что у сортов Зустреч и Ставка этот показатель повышался при севе в более поздние сроки, а у сорта Анисимовка наблюдали обратную тенденцию: чем раньше срок сева, тем выше содержание азота.

Посев с нормой высева 4 млн семян позволил получить более высокое содержание азота в растениях в среднем по сортам на 1,12 % (рис. 3). В то же время существует тенденция к сокращению данного показателя на фоне увеличения нормы высева, при 5 млн семян – 1,04 %, при 6 млн семян – 1,0 %. Такая закономерность наиболее явно проявилась на сортах Зустреч и Ставка.

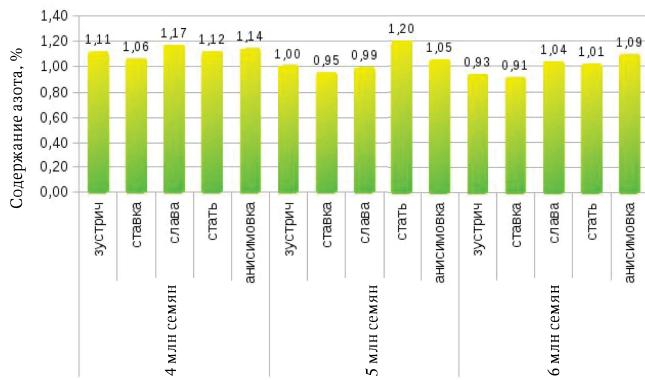


Рис. 3. Влияние нормы высева на относительное содержание азота в растении озимой пшеницы в фазу колошения (в среднем за 2015–2018 гг.)

Сорт Ставка наиболее реагировал на загущенность посевов и характеризовался самыми низкими показателями относительного содержания азота среди остальных сортов на всех вариантах. Стабильно высокий показатель при различных нормах высева отмечался у сорта Анисимовка, количество азота варьировало от 1,05 до 1,14 %. Кроме того, показатель относительного содержания азота в среднем по всем вариантам у сорта Анисимовка был выше остальных (1,08 %), а у сорта Зустреч – ниже (0,96 %).

Применение минеральных удобрений положительно повлияло на содержание азота как в листьях и стеблях, так и в колосьях – наблюдалось увеличение на 23,8, 43,5 и 6,2 % соответственно в среднем по двум предшественникам (табл. 1). По предшественнику пар использование минеральных удобрений повышало содержание азота в листьях на 25,8 %, в стеблях – на 44,9 %, в колосьях – на 10,4 %. На удобренном фоне отмечается максимальное увеличение относительного содержания азота в листьях у сортов Ставка и Зустреч (на 36,2 и 31,1 % соответственно), в стеблях – у сортов Стать и Зустреч (на 59,3 и 56,3 % соответственно), в колосьях – у сортов Анисимовка и Стать (на 17,4 и 16,6 % соответственно).

По предшественнику озимая пшеница применение минеральных удобрений давало более низкие результаты. Так, если внесение удобрений на предшественнике пар увеличило относительное содержание азота в колосе на 10,4 %, то на предшественнике озимая пшеница – только на 1,8 % (табл. 1).

Содержание и распределение азота по органам при различных сроках сева подтверждает вывод об отсутствии прямой зависимости между данными показателями в исследуемый период. В то же время понижение нормы высева благоприятно влияло на процентное содержание азота как в колосе, так и в листьях и стеблях. Это характерно для таких сортов, как Зустреч, Слава, Анисимовка (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние сроков сева и нормы высева на относительное содержание азота в органах озимой пшеницы, %**

Сорт	Орган	Срок сева			Нормы высева		
		ранний	оптимальный	поздний	4 млн шт.	5 млн шт.	6 млн шт.
Зустріч	Лист	2,47	2,64	3,00	3,11	2,64	2,80
	Стебель	0,52	0,63	0,50	0,53	0,63	0,66
	Колос	1,02	0,94	1,14	1,33	0,94	1,02
Ставка	Лист	2,53	3,09	3,17	2,60	3,09	2,58
	Стебель	0,53	0,47	0,57	0,61	0,47	0,44
	Колос	1,06	1,00	1,11	1,10	1,00	1,19
Слава	Лист	2,80	2,48	2,92	2,98	2,48	3,08
	Стебель	0,58	0,62	0,60	0,80	0,62	0,62
	Колос	1,08	1,16	1,12	1,07	1,16	1,08
Стать	Лист	2,61	3,04	2,73	2,91	3,04	2,74
	Стебель	0,63	0,74	0,59	0,65	0,74	0,66
	Колос	1,20	1,31	1,06	1,11	1,31	1,03
Анисимовка	Лист	2,69	2,51	2,75	2,89	2,51	2,58
	Стебель	0,97	0,58	0,64	0,62	0,58	0,61
	Колос	1,26	1,15	1,13	1,28	1,15	1,22
Среднее	Лист	2,62	2,75	2,91	2,90	2,75	2,76
	Стебель	0,65	0,61	0,58	0,64	0,61	0,60
	Колос	1,12	1,11	1,11	1,18	1,11	1,11

**Влияние предшественника и уровня минерального питания на относительное содержание азота в органах озимой пшеницы в фазу колошения, %**

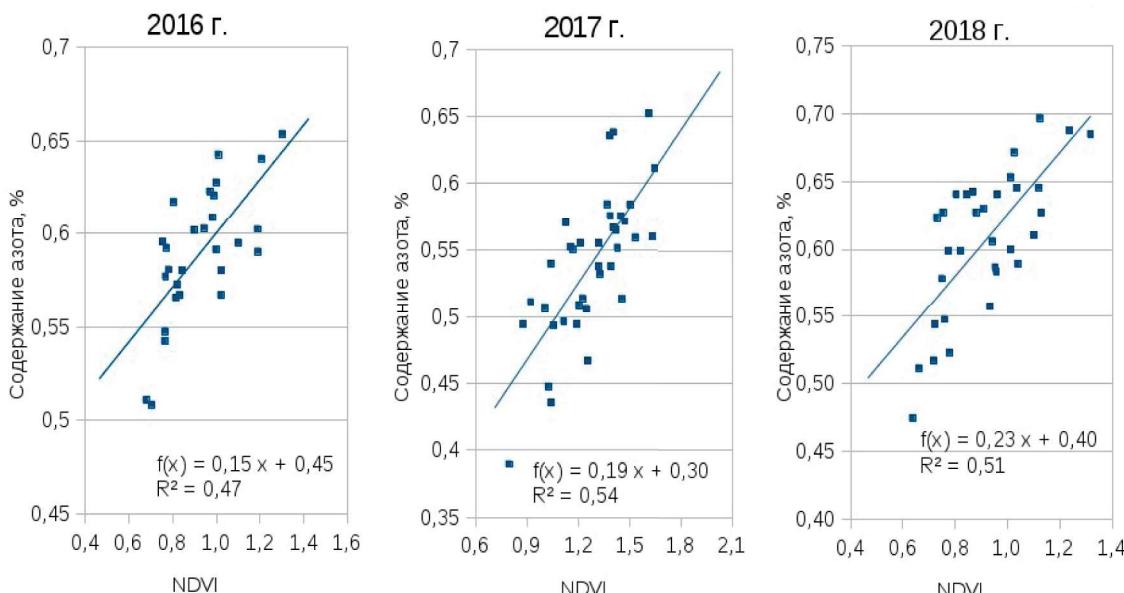
Сорт	Фон	Предшественник					
		чистый пар			озимая пшеница		
		лист	стебель	колос	лист	стебель	колос
Зустріч	Контроль	2,25	0,31	1,18	2,12	0,45	1,2
	Удобренный	3,09	0,59	1,30	2,64	0,60	0,94
Ставка	Контроль	2,10	0,45	1,12	2,40	0,36	1,12
	Удобренный	3,04	0,66	1,28	3,09	0,47	1,00
Слава	Контроль	2,66	0,54	1,17	2,55	0,41	1,12
	Удобренный	3,08	0,64	1,18	2,71	0,62	1,16
Стать	Контроль	2,71	0,61	1,18	2,25	0,47	0,99
	Удобренный	2,91	0,90	1,22	3,04	0,82	1,31
Анисимовка	Контроль	2,29	0,53	1,12	2,16	0,44	1,01
	Удобренный	2,99	0,78	1,35	2,51	0,55	1,15
Среднее	Контроль	2,40	0,49	1,15	2,30	0,43	1,09
	Удобренный	3,02	0,71	1,27	2,80	0,61	1,11

Основная часть азотистых соединений из органов растений реутилизируется в зерно. Кроме того, значительная доля азота в зерне озимой пшеницы накапливается благодаря поглощению этого элемента минерального питания корнями после цветения [9]. Транспорт азота из корней происходит по ксилеме, однако при передвижении азотистых соединений через стебель в его тканях наблюдается избирательное поглощение различных аминосоединений. Таким образом, к фазе полной спелости содержание азота в различных органах существенно меняется по сравнению с колошением.

Нами была изучена возможность использования данных ДЗЗ для оценки содержания азота в растениях озимой пшеницы. Для этого был проведен корреляционный анализ зависимости различных показателей содержания азота в растениях озимой пшеницы и NDVI посевов. Существенная корреляционная связь прослеживалась с относительным содержанием азота. Полученные данные (рис. 4) свидетельствуют о том,

что в фазу колошения существует положительная связь между содержанием азота в растениях озимой пшеницы и NDVI, в среднем по годам коэффициент корреляции составил 0,72 (в 2016 г. – 0,69, в 2017 – 0,74, в 2018 г. – 0,72).

**Заключение.** Минеральные удобрения способствуют увеличению относительного содержания азота в конце генеративного периода на 30,7–61,3 % по предшественнику пар и на 12,0–52,5 % по предшественнику озимая пшеница. Наибольшее содержание азота в растениях отмечали при норме высева 4 млн семян на 1 га (на 4,3–19 % относительно оптимальной). Однозначного влияния сроков сева на данный показатель не установлено. У сорта Анисимовка содержание азота в среднем по всем вариантам превышало остальные сорта (1,08 %), у Зустріча показатель был ниже

**Рис. 4. Регрессионные модели зависимости NDVI посевов от относительного содержания азота в растениях озимой пшеницы**

остальных (0,96 %). Наибольшее количество азота в листьях, стеблях и колосьях было на вариантах с применением минеральных удобрений по предшественнику пар (в листьях – 3,02 %, в стеблях – 0,71 %, в колосьях – 1,27%).

Выявлена прямая корреляционная связь между вегетационным индексом NDVI и относительным содержанием азота в растениях озимой пшеницы: в среднем за годы исследований коэффициент корреляции составлял 0,72, что говорит о возможности оперативного дистанционного контроля содержания азота в растениях озимой пшеницы на основе данных ДЗЗ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакаева Н.П. Содержание азота в почве и активность нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы при применении азотных удобрений // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 13–19.
2. Бильдиева Е.А. Влияние азотных подкормок и фунгицидов на формирование урожая и качества зерна озимой пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2008. – 22 с.
3. Ерошенко Ф.В., Ерошенко А.А., Симатин Т.В. Использование азота растениями озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 11. – С. 58–61.
4. Коржавина Н.Ю., Бакаева Н.П. Продуктивность и проявление сортовых особенностей озимых пшениц Поволжская 86 и Светоч при применении удобрений // Известия СГСХА. – 2017. – № 1. – С. 38–41.
5. Кривошеева Е.Д., Нехорошова Н.В., Сухарев А.А. Динамика содержания основных элементов питания и урожайность в посевах мягкой озимой пшеницы в зависимости от основного способа обработки почвы // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 5. – С. 62–67.
6. Письменная Е.В., Азарова М.Ю., Курасова Л.Г. Влияние сортов и предшественников озимой пшеницы на плодородие почвы, урожайность и качество зерна в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 8. – С. 32–37.

7. Сайфуллина Л.Б., Азизов З.М., Заворотина А.Д. Влияние агротехнологий на формирование урожая сортов озимой пшеницы в 2019 году // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2019. – № 3 (23). – С. 28–35.

8. Саленко Е.А., Есаулко А.Н. Влияние минеральных удобрений на формирование качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. по матер. IV Междунар. конф., Ставрополь, 2015 / ФГБНУ ВНИИОК. – 2015. – Т. 1. – Вып. 8. – С. 976–978.

9. Симатин Т.В. Эффективность комплексных физиологически активных веществ на посевах озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2020. – 22 с.

10. Сторчак И.Г., Чернова И.В., Ерошенко Ф.В. Использование NDVI для определения содержания азота в растениях озимой пшеницы в условиях Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 12 (191). – С. 19–30.

**Энговатова Ирина Владимировна**, канд. геог. наук, старший научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия.

**Шестакова Елена Олеговна**, научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия.

**Сторчак Ирина Геннадьевна**, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела физиологии растений, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия.

**Ерошенко Федор Владимирович**, д-р биол. наук, зав. отделом физиологии растений, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия.

356241, Ставропольский край, Шпаковский р-н, г. Михайловск, ул. Никонова, 49.

Тел.: 89188857937; e-mail: chernova\_skfu@mail.ru.

**Ключевые слова:** озимая пшеница; сорт; элементы технологии возделывания; содержание азота.

#### INFLUENCE OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY ELEMENTS ON NITROGEN NUTRITION OF WINTER WHEAT

**Engovatova Irina Vladimirovna**, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre, Russia.

**Shestakova Elena Olegovna**, Researcher, North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre, Russia.

**Storchak Irina Gennadievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre, Russia.

**Eroshenko Fedor Vladimirovich**, Doctor of Biological Sciences, North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre, Russia.

**Keywords:** winter wheat; variety; elements of cultivation technology; nitrogen content.

The purpose of our research is to study the influence of the main elements of cultivation technology on the nitrogen nutrition of winter wheat plants of varieties selected by THE North Caucasus Federal RESEARCH center (Mikhailovsk, Stavropol territory), as well as to establish the possibility of assessing the nitrogen content based on remote sensing data. Methods. The field experiment was performed in accordance with the guidelines of

B. A. Dospekhov. The nitrogen content was determined by the method of V. T. Kurkaev and co-authors. NDVI data was obtained using a GreenSeeker hand-held scanner (Trimble). Found that the use of mineral fertilizers in technology of winter wheat cultivation increases the relative content of nitrogen in plants at the end of generative period by 30.7–61.3% as at the predecessor pairs and 12–52.5 % for the predecessor winter wheat. The highest nitrogen content in plants was observed at the seeding rate of 4 million/ha (the excess compared to 5 and 6 million/ha is 4.3–19 %). The influence of seeding dates and norms on the relative nitrogen content is not always unambiguous and depends on the conditions of a particular year. Among the varieties, Anisimovka shows high nitrogen content. During the earing phase, there is a direct correlation between the NDVI of winter wheat crops and the relative nitrogen content in plants, the correlation coefficient on average over the years of the study is 0.72. The scientific novelty of the study is that for the first time for the zone of unstable humidification of the Stavropol territory, the influence of elements of cultivation technology on the features of nitrogen nutrition of plants of new varieties of winter wheat was analyzed, and a correlation was established between the nitrogen content in the earing phase and the NDVI index.

